



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR - EE 184801

PENYUSUNAN STANDAR UJI PERFORMA DAN KESELAMATAN PERALATAN CHARGER

Harry Dio Sirait
NRP 07111440000087

Dosen Pembimbing
Dr. Dimas Anton Asfani, ST., MT.
Heri Suryoatmojo, ST., MT., Ph.D

DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO
Fakultas Teknologi Elektro
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2019



TUGAS AKHIR - EE 184801

PENYUSUNAN STANDAR UJI PERFORMA DAN KESELAMATAN PERALATAN CHARGER

Harry Dio Sirait
NRP 0711144000087

Dosen Pembimbing
Dr. Dimas Anton Asfani, ST., MT.
Heri Suryoatmojo, ST., MT., Ph.D

DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO
Fakultas Teknologi Elektro
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2019



FINAL PROJECT - EE 184801

**PREPARATION OF STANDARD FOR PERFORMANCE
AND SAFETY TESTING OF CHARGER EQUIPMENT**

Harry Dio Sirait
NRP 07111440000087

Supervisors
Dr. Dimas Anton Asfani, ST., MT.
Heri Suryoatmojo, ST., MT., Ph.D

DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING
Faculty of Electrical Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2019

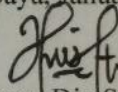
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi keseluruhan Tugas akhir saya dengan judul **“PENYUSUNAN STANDAR UJI PERFORMA DAN KESELAMATAN PERALATAN CHARGER”** adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka.

Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, Januari 2019



Harry Dio Sirait

07111440000087

Halaman ini sengaja dikosongkan

PENYUSUNAN STANDAR UJI PERFORMA DAN KESELAMATAN PERALATAN CHARGER

TUGAS AKHIR


**Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada**

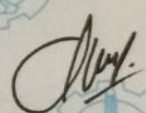
**Bidang Studi Teknik Sistem Tenaga
Departemen Teknik Elektro
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

Menyetujui :

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II


Dr. Dimas Anton Asfani, ST., MT.
NIP. 198109052005011002


Heri Survoatmojo, ST., MT., Ph.D
NIP. 195512071980031004



PENYUSUNAN STANDAR UJI PERFORMA DAN KESELAMATAN PERALATAN CHARGER

Nama mahasiswa : Harry Dio Sirait
Dosen Pembimbing I : Dr. Dimas Anton Asfani, ST., MT.
Dosen Pembimbing II : Heri Suryatmojo, ST., MT., Ph.D

Abstrak:

Charger merupakan peralatan pengisi energi listrik untuk baterai kendaraan. *Charger* sangat penting dalam menunjang perkembangan industri kendaraan listrik. Performa *charger* yang baik akan mendukung ketersediaan energi untuk kendaraan listrik yang ada. Performa dan keselamatan peralatan *charger* dapat diperoleh dengan melakukan pengecekan dan pengujian berdasarkan standar. Oleh karena itu, sebelum melakukan pengecekan dan pengujian perlu dilakukan penyusunan standar uji untuk performa dan keselamatan peralatan *charger*. Standar yang menjadi acuan dalam penyusunan standar uji merupakan standar nasional dan standar internasional. Peralatan *charger* yang digunakan pada sistem pengisian baterai di *workshop* MOLINA ITS diuji berdasarkan standar yang telah disusun. Hasil yang didapat dari pengujian dan pengecekan peralatan *charger* dibandingkan dengan ketentuan pada standar yang telah disusun. Sebagian besar telah sesuai dengan standar tetapi terdapat beberapa peralatan yang tidak memenuhi standar kelengkapan operasi sesuai dengan standar yang telah disusun.

Kata kunci: *Charger, kabel charger, konektor, standar*

Halaman ini sengaja dikosongkan

PREPARATION OF STANDARD FOR PERFORMANCE AND SAFETY TESTING OF CHARGER EQUIPMENT

Student Name : Harry Dio Sirait
Supervisor I : Dr. Dimas Anton Asfani, ST., MT.
Supervisor II : Heri Suryoatmojo, ST., MT., Ph.D

Abstract:

Charger is an electrical supply equipment for vehicle batteries. Chargers are very important in supporting the development of the electric vehicle industry. A good charger performance will support the availability of energy for existing electric vehicles. The performance and safety of the charger equipment can be obtained by checking and testing based on the standard. Therefore, before checking and testing the performance of the charger it is necessary to prepare the standards for the performance and safety test of the charger. Standards that become references in the formulation of test standards are national standards and international standards. The charger equipment used in battery charging system in the MOLINA ITS workshop is tested based on the standards that have been prepared. The results that obtained from testing and checking the charger equipment compared with the provisions of the standards that have been prepared. Most of them are in accordance with the standards but there are some equipment that do not meet the standard of operation in accordance with the standards that have been prepared.

Key Word: *Charger, charger cable, connector, standard*

Halaman ini sengaja dikosongkan

KATA PENGANTAR

Puji Syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala berkat dan karunia yang telah dilimpahkan-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan tugas akhir dengan judul **“PENYUSUNAN STANDAR UJI PERFORMA DAN KESELAMATAN PERALATAN CHARGER)”**.

Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu persyaratan untuk menyelesaikan jenjang pendidikan S1 pada Bidang Studi Teknik Sistem Tenaga, Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Selama proses penulisan tugas akhir ini penulis menerima bantuan dari banyak pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Tuhan Yesus atas berkat dan petunjuk-Nya.
2. Ibu dan Bapak penulis atas doa dan dukungan yang tak henti pada penulis dalam keadaan apapun.
3. Bapak Dr. Dimas Anton Asfani, ST., MT. dan bapak Heri Suryoatmojo, ST., MT., Ph.D selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan, bimbingan dan perhatiannya selama proses penyelesaian tugas akhir ini.
4. Seluruh dosen dan karyawan Departemen Teknik Elektro ITS yang telah memberikan banyak ilmu dan menciptakan suasana belajar yang luar biasa.
5. Febe Sofia Loren Panjaitan yang telah memberi dukungan selama mengerjakan tugas akhir ini.
6. Teman-teman Straiter atas doa dan dukungan selama masa perkuliahan.
7. Teman-teman Paryaop Jawa Timur atas doa dan dukungan selama masa perkuliahan.
8. Tanbihul, Andrea dan Faris yang telah membantu selama mengerjakan tugas akhir ini.
9. Teman-teman seperjuangan e54 yang telah menemani dan memberikan dukungan selama masa kuliah sampai penyusunan tugas akhir ini.

Penulis telah berusaha maksimal dalam penyusunan tugas akhir ini. Namun besar harapan penulis untuk menerima saran dan kritik untuk perbaikan dan pengembangan tugas akhir ini. Semoga tugas akhir ini

dapat memberikat manfaat yang luas khususnya untuk pengembangan charger kendaraan di Indonesia.

Surabaya, Januari 2019

Penulis

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN	v
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT.....	ix
KATA PENGANTAR	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xix
DAFTAR TABEL.....	xxi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Permasalahan	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Batasan masalah	2
1.5 Metodologi	2
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
1.7 Relevansi.....	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 <i>Charging Station</i>	5
2.1.1 Sistem Pengisian AC	5
2.1.2 Sistem Pengisian DC	6
2.2 Klasifikasi <i>Charging Station</i>	6
2.2.1 <i>Conductive charging station</i>	6
2.2.2 <i>Wireless charging station</i>	6
2.2.3 <i>Swap system charging station</i>	7
2.3 Peralatan Pengisian Energi Listrik	8
2.3.1 <i>Charger</i>	8
2.3.2 Kabel <i>Charger</i>	8
2.3.3 Konektor.....	9

2.4	Standardisasi <i>Charger</i>	10
2.5	Pengujian Peralatan <i>Charger</i>	10
BAB 3 STANDAR UJI CHARGER KENDARAAN LISTRIK		11
3.1	Ruang Lingkup	11
3.2	Acuan Normatif	11
3.3	Istilah dan definisi.....	12
3.4	Persyaratan <i>Charger</i>	15
3.4.1	Proteksi terhadap Sengatan Listrik [6]	16
3.4.1.1	Tingkat proteksi terhadap bagian yang berbahaya	16
3.4.1.2	Discharge Kapasitor.....	17
3.4.1.3	Proteksi Kegagalan	17
3.4.2	Karakteristik Peralatan <i>Switching</i> mekanik	17
3.4.2.1	Switch dan Disconnecter Switch	17
3.4.2.2	Kontaktor	17
3.4.2.3	Inrush Current	18
3.4.2.4	Jarak Clearances dan jarak Creepage	19
3.4.3	Tingkat IP	20
3.4.3.1	Tingkat Proteksi terhadap Benda Padat dan Air pada Enclosure Charger.....	21
3.4.3.2	Uji Tingkat Proteksi terhadap Benda Padat	21
3.4.3.3	Uji Tingkat Proteksi terhadap Benda Cair.....	22
3.4.4	Tahanan Isolasi	26
3.4.5	<i>Touch Current</i>	26
3.4.6	<i>Dielectric Withstand Voltage</i>	27
3.4.6.1	AC Withstand Voltage	27
3.4.6.2	Impulse Dielectric Withstand (1,2 μ /50 μ)	27
3.4.7	Pemutus Darurat	28
3.4.8	Tanda (<i>Marking</i>)	28

3.5	Persyaratan Kabel <i>Charger</i>	29
3.5.1	Dimensi Kabel.....	29
3.5.2	Manajemen Kabel dan Penyimpanan Kabel Terpasang ..	29
3.5.3	Rating Tegangan	29
3.5.4	Ukuran Kabel	30
3.5.5	Uji Pelapukan/Ketahanan terhadap Paparan Rasiati UV	30
3.5.6	Uji Crush Resistance	31
3.5.7	Resistansi Konduktor	32
3.5.8	Uji Tegangan pada <i>completed cable</i>	32
3.5.9	Uji Tegangan Inti Kabel	33
3.5.10	Uji Tahanan Isolasi	34
3.5.11	Uji Tahanan Isolasi Jangka Panjang terhadap Sumber DC	34
3.5.12	Proteksi terhadap Beban Lebih dan Hubung Singkat	34
3.6	Persyaratan Steker dan Konektor Kendaraan	35
3.6.1	Koneksi Konektor dengan Kendaraan Listrik	36
3.6.2	Tingkat Proteksi terhadap benda padat dan cair	37
3.7	Uji Kondisi Lingkungan (<i>Environmental Test</i>) terhadap Peralatan <i>Charger</i> [13].....	38
3.7.1	Uji Ketahanan terhadap Perubahan Temperatur Lingkungan	38
3.7.2	Dry Heat Test	39
3.7.3	Damp Heat Test.....	39
3.7.4	Uji Temperatur Rendah (Cold Test).....	40
3.8	Electromagnetic environmental Tests	40
3.8.1	Imunitas terhadap Gangguan Frekuensi Rendah	41
3.8.2	Imunitas terhadap Gangguan Frekuensi Tinggi	41

BAB 4 PENGECEKAN DAN PENGUJIAN PERALATAN CHARGER DAN ANALISIS TERHADAP PERBANDINGAN NILAI DENGAN KETENTUAN STANDAR	43
4.1 Pengecekan dan Pengujian Charger	43
4.1.1 Pengecekan Tanda (<i>Marking</i>) Charger.....	44
4.1.2 Pengecekan Peralatan <i>Swicthing</i> mekanik dan Proteksi Kegagalan	46
4.1.3 Pengecekan Tingkat IP (<i>Ingress Protection</i>) Charger	47
4.1.4 Pengukuran Tahanan Isolasi Charger.....	48
4.2 Pengecekan dan Pengujian Kabel Charger.....	48
4.2.1 Pengecekan Tanda (<i>Marking</i>) Kabel Charge.....	49
4.2.2 Pengecekan Dimensi dan Manajemen Kabel Charger	51
4.2.3 Pengukuran Tahanan Isolasi Kabel.....	51
4.2.4 Hasil Uji Tegangan pada <i>Complete Cable</i>	52
4.3 Pengecekan Steker dan Konektor Kendaraan	54
4.4 Performa Charger pada Kondisi Temperatur Lingkungan ...	58
4.4.1 Hasil Pengujian terhadap Perubahan Temperatur Lingkungan	58
4.4.2 Hasil Pengujian Performa Charger pada <i>Dry Heat Test</i> ..	61
4.4.3 Hasil Pengujian Performa Charger pada Temperatur Rendah	63
BAB 5 PENUTUP	67
5.1 Kesimpulan.....	67
5.2 Saran	67
DAFTAR PUSTAKA	69
LAMPIRAN	71
Lampiran 1. Pengujian tahanan isolasi	71
Lampiran 2. Pengujian tegangan tinggi pada kabel <i>charger</i>	72
Lampiran 3. Pengujian performa pada temperatur lingkungan	74
Lampiran 4. Pengujian ketahanan tanda.....	77

Lampiran 5. Spesifikasi <i>charger</i> tipe HK-H-H123-16	79
Lampiran 6. Draf SNI	81
Lampiran 7. Laporan sementara pengecekan dan pengujian peralatan <i>charger</i>	120
Lampiran 8. Nomenklatur	127
RIWAYAT PENULIS	129

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1	Contoh <i>outlet swap system charging station</i>	7
Gambar 3. 1	Koneksi case A [6].....	13
Gambar 3. 2	Koneksi case B [6].....	13
Gambar 3. 3	Koneksi case C [6].....	14
Gambar 3. 4	Skema pengujian untuk angka kedua tingkat 1.....	23
Gambar 3. 5	Meja putar pada pengujian IP angka kedua tingkat pertama	24
Gambar 3. 6	Saluran air pada wadah pengujian	24
Gambar 3. 7	Tabung berisolasi untuk pengujian angka kedua tingkat 4 [8]	25
Gambar 3. 8	Pipa penyemprot untuk pengujian angka kedua tingkat 4 [8]	25
Gambar 3. 9	Koneksi steker-stop kontak dan konektor- <i>inlet</i> kendaraan [12]	35
Gambar 3. 10	Pin pada konektor <i>male</i> dan <i>female</i> satu fasa [13]	37
Gambar 3. 11	Pin konektor tiga fasa [13]	37
Gambar 3. 12	Siklus pengujian terjadap temperatur lingkungan	39
Gambar 4. 1	<i>Charger</i> tipe HK-H-H123-16	43
Gambar 4. 2	Name plate <i>charger</i>	44
Gambar 4. 3	Fuse pada <i>charger</i>	47
Gambar 4. 4	Kabel NYHY 3 x 2,5 mm ²	49
Gambar 4. 5	Tanda pada kabel NYHY	49
Gambar 4. 6	Sampel kabel pada pengujian tegangan AC dan DC ...	53
Gambar 4. 7	Pengujian sampel kabel dengan tegangan tinggi DC...	54
Gambar 4. 8	Konektor <i>female</i>	55
Gambar 4. 9	Spesifikasi konektor <i>female</i>	55
Gambar 4. 10	Konektor <i>male</i>	56
Gambar 4. 11	Spesifikasi konektor <i>male</i>	56
Gambar 4. 12	Grafik karakteristik <i>output charger</i> pada pengujian perubahan temperatur. (a) Karakteristik arus <i>output</i> (b) Karakteristik daya <i>output</i>	60
Gambar 4. 13	Grafik karakteristik <i>output charger</i> pada pengujian <i>dry heat test</i> (55°C selama 16 jam)	62
Gambar 4. 14	Grafik karakteristik <i>output charger</i> pada pengujian temperatur rendah (0°C selama 16 jam)	64

Gambar 6. 1	Hasil pengukuran tahanan isolasi <i>charger</i> . (a) Tahanan isolasi konduktor L. (b) Tahanan isolasi konduktor N. (c) Tahanan isolasi konduktor DC positif.....	71
Gambar 6. 2	Pengukuran tahanan isolasi kabel.....	72
Gambar 6. 3	Rangkaian pembangkitan tegangan tinggi DC	72
Gambar 6. 4	Monitoring tegangan tinggi AC.....	73
Gambar 6. 5	Monitoring tegangan tinggi DC.....	73
Gambar 6. 6	<i>Charger</i> di dalam <i>thermal chamber</i> pada pengujian temperatur.....	74
Gambar 6. 7	<i>Charger</i> di dalam <i>thermal chamber</i> pada kondisi mengisi mengisi baterai	74
Gambar 6. 8	Pengaturan siklus pengujian perubahan temperatur lingkungan.....	75
Gambar 6. 9	Pengaturan temperatur pada pengujian <i>dry heat test</i>	75
Gambar 6. 10	Pengaturan temperatur pada pengujian temperatur rendah	76
Gambar 6. 11	Tampilan layar <i>thermal chamber</i> pada pengujian <i>dry heat test</i>	76
Gambar 6. 12	Tampilan hasil pengukuran arus dan daya <i>output charger</i>	77
Gambar 6. 13	Peralatan pengujian ketahanan tanda.....	77
Gambar 6. 14	Tanda pada konektor setelah pengujian ketahanan tanda	78
Gambar 6. 15	Koneksi case A [6]	84
Gambar 6. 16	Koneksi case B [6]	85
Gambar 6. 17	Koneksi case C [6]	85
Gambar 6. 18	Skema pengujian untuk angka kedua tingkat 1	97
Gambar 6. 19	Meja putar pada pengujian IP angka kedua tingkat pertama.....	97
Gambar 6. 20	Saluran air pada wadah pengujian	98
Gambar 6. 21	Tabung berisolasi untuk pengujian angka kedua tingkat 4 [8]	98
Gambar 6. 22	Pipa penyemprot untuk pengujian angka kedua tingkat 4 [8]	99
Gambar 6. 23	Koneksi steker-stop kontak dan konektor- <i>inlet</i> kendaraan [12].....	111
Gambar 6. 24	Pin pada konektor <i>male</i> dan <i>female</i> satu fasa [13]	113
Gambar 6. 25	Pin konektor tiga fasa [13]	114
Gambar 6. 26	Siklus pengujian terjadap temperatur lingkungan	115

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1	Jarak <i>clearance</i> mengacu pada IEC 60664-1 [7].....	19
Tabel 3. 2	Jarak <i>creepage</i> mengacu pada IEC 60664-1 [7].....	20
Tabel 3. 3	Kekuatan uji berdasarkan level angka pertama proteksi terhadap benda padat [8].....	22
Tabel 3. 4	Debit air berdasarkan level angka kedua proteksi terhadap benda cair [8].....	22
Tabel 3. 5	Total aliran air berdasarkan jumlah lubang dan jari-jari pada tabung berosilasi [8].....	26
Tabel 3. 6	Batas <i>touch current</i> [6].....	27
Tabel 3. 7	Tegangan kerja maksimum berdasarkan rating tegangan kabel [9].....	30
Tabel 3. 8	Tegangan uji berdasarkan rating tegangan kabel [9]	33
Tabel 3. 9	Tegangan uji inti kabel berdasarkan diameter inti [9]	33
Tabel 3. 10	Nilai tahanan isolasi minimum [11]	34
Tabel 3. 11	Kode pin pada konektor kendaraan berdasarkan IEC 60309 dan IEC 62196.....	36
Tabel 3. 12	Tingkat IP steker dan konektor kendaraan berdasarkan tempat operasi.....	38
Tabel 4. 1	Kelengkapan tanda <i>charger</i>	44
Tabel 4. 2	Peralatan <i>switching</i> mekanik dan proteksi kegagalan.....	46
Tabel 4. 3	Tahanan isolasi <i>charger</i>	48
Tabel 4. 4	Kelengkapan tanda kabel <i>charger</i>	50
Tabel 4. 5	Hasil pengujian tahanan isolasi kebel pada setiap fasa...	51
Tabel 4. 6	Hasil pengujian tahanan isolasi antar fasa	52
Tabel 4. 7	Hasil pengujian tegangan pada <i>complete cable</i>	52
Tabel 4. 8	Hasil pengecekan <i>nameplate</i> konektor	57
Tabel 4. 9	Karakteristik <i>output charger</i> pada perubahan temperatur	58
Tabel 4. 10	Hasil pengukuran tahanan isolasi setelah pengujian perubahan temperatur	60
Tabel 4. 11	Karakteristik <i>output charger</i> pada <i>dry heat test</i>	61
Tabel 4. 12	Hasil pengukuran tahanan isolasi setelah pengujian <i>dry heat test</i>	62
Tabel 4. 13	Arus dan daya pengujian pada temperatur rendah	63

Tabel 4. 14 Hasil pengukuran tahanan isolasi setelah pengujian pada temperatur rendah.....64

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Saat ini cadangan sumber energi fosil dunia semakin menipis. Oleh karena itu, dibutuhkan pengganti energi fosil sebagai penggerak motor pada kendaraan. Energi listrik menjadi jawaban atas permasalahan ini. Energi listrik dapat diperoleh dari hasil konversi energi lain misalnya angin, air, sinar matahari, panas bumi dan sumber energi alam lain. Selain dapat menjadi pengganti sumber energi fosil penggunaan energi listrik sebagai penggerak motor pada kendaraan baik untuk lingkungan. Sebab motor listrik tidak menghasilkan emisi gas buang seperti motor berbahan bakar minyak. Penggunaan energi listrik pada kendaraan dapat mengurangi pencemaran udara oleh gas buangan kendaraan berbahan bakar minyak.

Pengembangan kendaraan ramah lingkungan semakin pesat. Layaknya kendaraan dengan bahan bakar minyak memiliki stasiun pengisian bahan bakar, kendaraan listrik ini juga tentunya membutuhkan stasiun pengisian daya listrik atau *Electric Vehicle Supply Equipment* (EVSE) atau sering disebut *charging station*. *Charging station* merupakan alat yang terhubung dengan sumber daya listrik yang berfungsi untuk menyediakan energi untuk kendaraan listrik. Energi listrik tersebut dapat berupa arus bolak-balik (AC) maupun arus searah (DC) [1].

Kebutuhan akan keamanan dan efisiensi waktu pada saat pengisian baterai mengharuskan teknologi pada *charger* perlu untuk diperbaharui sehingga dapat memenuhi kebutuhan energi pada kendaraan listrik yang ada serta aman saat dioperasikan. Sebelum sebuah *charger* siap untuk digunakan secara umum tentunya perlu dilakukan pengujian terhadap performa *charger* tersebut. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa *charger* tersebut aman untuk dioperasikan dan tidak merusak peralatan pada *charging station* maupun baterai kendaraan saat dilakukan pengisian.

Standardisasi peralatan merupakan suatu hal yang sangat penting untuk dilakukan. Standardisasi *charger* bertujuan untuk mencapai kesamaan ukuran, bentuk dan kualitas atau performa *charger* yang akan dibuat. Sehingga dengan adanya standardisasi maka *charger* tersebut dapat dijamin keamanannya saat dioperasikan. Selain itu alat untuk

pengujian, pemeliharaan maupun penggantian komponen *charger* dapat lebih mudah dan lebih hemat biaya.

1.2 Permasalahan

1. Bagaimana standar pengujian untuk menentukan performa *charger*?
2. Bagaimana standar pengujian untuk menentukan keamanan *charger*?
3. Bagaimana kesesuaian parameter yang diuji dengan standar?

1.3 Tujuan

Penelitian tugas akhir ini bertujuan untuk:

1. Menyusun standar pengujian performa dan keselamatan peralatan *charger*.
2. Menguji performa dan keselamatan peralatan *charger* sesuai dengan prosedur pada standar.
3. Mendapatkan perbandingan antara hasil pengujian dengan standar yang sudah ada sehingga jika terdapat ketidaksesuaian maka dapat diperbaiki sehingga dapat meningkatkan performa dan keselamatan peralatan *charger*.

1.4 Batasan masalah

Pada tugas akhir ini adalah :

1. Pengecekan dan pengujian mengacu pada standar IEC 61851-1, IEC 62983-1 dan IEC 62196-1.
2. Pengecekan dan pengujian dilakukan terhadap *charger* tipe HK-H-H132-16 AC charging sistem
3. Pengujian dan pengecekan dilakukan terhadap kabel *charger* jenis NYHY 3 x 2,5 mm²
4. Penujian dilakukan di *workshop* MOLINA (Mobil Listrik Nasional) ITS dan Departemen Teknik Elektro

1.5 Metodologi

Metodologi yang digunakan pada penelitian ini dapat dijabarkan sebagai berikut:

1. Studi Literatur

Persiapan awal dalam pengerjaan tugas akhir ini adalah mengumpulkan dan mempelajari literatur yang telah ada yang

relevan untuk dijadikan referensi. Literatur dapat berupa standar nasional, standar internasional, jurnal, buku atau materi kuliah yang berhubungan dengan topik penelitian.

2. Penyusunan standar uji

Standar uji disusun megacu pada standar yang sudah ada. Standar uji mencakup ketentuan berupa kelengkapan peralatan, prosedur pengujian dan batas nilai untuk hasil pengujian sesuai dengan standar. Prosedur pengujian mencakup persiapan peralatan uji dan peralahan charger yang perlu akan diuji dan proses yang harus dilakukan saat pengujian.

3. Pengecekan dan pengujian peralatan *charger*

Pengecekan dan pengujian dilakukan untuk mengetahui performa *charger* yang akan diuji. Pengecekan dan pengujian ini akan dilakukan di *workshop* MOLINA (Mobil Listrik Nasional) ITS. Parameter yang akan diuji dalam penelitian ini meliputi *total harmonic distortion*, *voltage deviation*, *voltage flicker*, *voltage sag and short supply interruption*, ketidakseimbangan tegangan tiga fasa, tahanan isolasi, kekuatan dielektrik, penangkal petir, pelindung kontak, konduktor pada pelindung pembumian, *capacitor discharge*, *contact current*, arus impuls, pengaman arus lebih, pengaman tegangan lebih, pengaman beban lebih, temperatur, pengaman hubung singkat, pengaman pemutus darurat dan *noncontact electric shock protection* dan lain parameter lain yang berhubungan dengan penentuan performa dan keselamatan peralatan *charger*.

4. Analisa data

Setelah melakukan pengecekan dan pengujian selesai maka akan dilakukan analisa terhadap hasil yang telah didapat. Hasil pengujian dari setiap parameter yang diuji akan dibandingkan dengan standar yang telah di susun

5. Kesimpulan dan Penulisan Tugas Akhir

Setelah melakukan analisis terhadap data yang didapat dari serangkaian pengujian yang dilakukan akan dilakukan penarikan kesimpulan. Kesimpulan dari penelitian ini berupa jawaban dari permasalahan yang dianalisis. Kesimpulan tersebut akan disusun ke dalam sebuah buku tugas akhir. Buku ini juga berisi saran yang dapat digunakan sebagai masukan untuk penelitian lebih lanjut.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam tugas akhir ini terdiri atas lima bab dengan uraian sebagai berikut :

BAB 1 : Pendahuluan

Bab ini membahas tentang penjelasan mengenai latar belakang, permasalahan dan batasan masalah, tujuan, metode penelitian, sistematika penulisan, dan relevansi.

BAB 2 : Tinjauan Pustaka

Bab ini membahas tentang klasifikasi *charging station* termasuk peralatan-peralatan yang terdapat dalam sebuah *charging station* khususnya bagian *charger*, kabel *charger* dan konektor.

BAB 3 : Penyusunan standar uji

Bab ini membahas susunan standar kelengkapan peralatan, prosedur pengujian *charger* dan nilai dari hasil pengujian dari standar yang relevan untuk menentukan performa dan keselamatan *charger*.

BAB 4 : Pengecekan, pengujian dan Analisis

Bab ini menjelaskan tentang pemeriksaan kelengkapan peralatan dan pengujian performa dan keselamatan *charger* yang mengacu kepada standar yang telah disusun. Hasil yang diperoleh dari pengujian akan dibandingkan dengan nilai yang ditetapkan pada standar.

BAB 5 : Penutup

Bab ini membahas mengenai kesimpulan dan saran yang bisa diambil dari penyusunan standar uji, pengecekan dan pengujian yang telah dilakukan.

1.7 Relevansi

Penelitian diharapkan dapat memberikan manfaat, yaitu:

1. Menjadi referensi yang dapat menunjang industri kelistrikan terutama dalam penyediaan energi untuk kendaraan listrik.
2. Menjadi referensi bagi mahasiswa untuk melakukan penelitian yang berhubungan dengan *charger* kendaraan listrik.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Charging Station*

Charging station merupakan alat yang terhubung dengan sumber daya listrik yang berfungsi untuk menyediakan energi untuk kendaraan listrik. Seiring dengan perkembangan teknologi kendaraan listrik dengan keberagamannya maka *charging station* dalam hal ini sebagai alat penyedia energi diharapkan dapat menyuplai kebutuhan energi listrik untuk setiap kendaraan yang ada. Peralatan catu daya kendaraan listrik didesain sedemikian sehingga transfer energi barjalan dengan aman dengan meminimalkan resiko bahaya pada pengguna.

Kebutuhan yang beragam dari masing-masing kendaraan membuat *charging station* harus dibagi menjadi beberapa tipe. Berdasarkan jenis tegangan yang masuk melalui *inlet* kendaraan sistem pengisian dibagi menjadi dua [2], yaitu sistem pengisian AC dan sistem pengisian DC. Pada sistem pengisian AC tegangan AC diubah menjadi DC oleh konverter di dalam kendaraan kemudian digunakan mengisi baterai. Sedangkan pada sistem pengisian DC, tegangan DC yang masuk melalui *inlet* kendaraan diteruskan kedalam baterai untuk mengisi baterai tersebut. Klasifikasi sistem pengisian AC dan DC juga dapat dibedakan dari rating arus dan daya dari charger tersebut. Sistem pengisian DC relatif lebih cepat dibandingkan dengan sistem pengisian AC karena rating arus dan daya yang lebih tinggi.

Sistem pengisian dimana *charger* diletakkan didalam kendaraan disebut sebagai sistem *on board charging*. Pada beberapa kasus kabel dan steker termasuk apabila terhubung secara permanen dengan kendaraan dan tidak dapat dilepaskan tanpa menggunakan alat. Tegangan rendah dalam sistem *on board charging* merupakan tegangan *output* DC dibawah 60 V sedangkan tegangan tinggi adalah tegangan antara 60 V sampai dengan 1000 V.

2.1.1 Sistem Pengisian AC

Sistem pengisian AC atau *AC charging system* adalah pengisian baterai dengan tegangan sumber AC yang kemudian pada peralatan *charger* di dalam kendaraan tegangan AC diubah menjadi tegangan DC dengan menggunakan konverter. Sumber energi dapat berupa jaringan distribusi. *AC charging* dibagi menjadi dua level. Level 1 dengan

tegangan 120 V AC. *Charging station* dengan level tegangan 120V dapat ditempatkan di rumah, kantor dan di tempat-tempat lain dimana sumber listrik dengan tegangan tersebut tersedia. Dengan pengisian menggunakan AC *charging* level 1 kendaraan dapat menempuh jarak sekitar 2-5 mil dalam 1 jam pengisian. Level 2 dengan tegangan 240V atau 208 V. Pengisian dengan menggunakan AC *charging* level 2 dapat membuat kendaraan menempuh jarak sekitar 10-20 mil dalam 1 jam pengisian [1].

2.1.2 Sistem Pengisian DC

Sistem pengisian DC melakukan pengisian baterai dengan menyalurkan arus DC ke dalam kendaraan. Sumber energi dapat berupa tegangan AC maupun DC. Sumber tegangan AC akan di konversi menjadi DC dengan peralatan *charger* di luar kendaraan. *Charger* pada sistem pengisian DC berada diluar karena rating dayanya lebih besar dan sistem proteksi yang digunakan lebih kompleks. Sistem pengisian DC mengisi baterai lebih cepat sehingga sering disebut DC *fast charging*. DC *fast charging* membutuhkan tegangan masukan AC 480 V pada *charging station* yang kemudian diubah menjadi tegangan DC. Pengisian menggunakan DC *fast charging* dapat menambah jarak tempuh kendaraan 60-80 mil dengan waktu pengisian kurang dari 20 menit [1].

2.2 Klasifikasi Charging Station

2.2.1 Conductive charging station

Conductive charging station mentranfer energi listrik melalui kabel dengan konektor yang dihubungkan pada kendaraan listrik. Energi listrik yang disalurkan dapat berupa tegangan AC maupun DC. Cara melakukan pengisian baterai mirip dengan cara pengisian BBM pada SPBU. Konektor dihubungkan dengan *inlet* kendaraan untuk melakukan transfer energi dari *charger* ke baterai kendaraan. *Charging station* ini bisa ditempatkan di dalam ruangan maupun di luar ruangan.

2.2.2 Wireless charging station

Wireless charging station [3] atau stasiun pengisian listrik tanpa kabel mengisi baterai dengan cara induksi elektromagnetik. *Wireless charging station* memiliki kemampuan untuk mentransfer energi pada jarak yang dekat. *Charging station* ini dapat di tempatkan pada tempat parkir. Masusia sebagai pengendara memiliki peran sangat menentukan

pada penggunaan *charging station* ini. Ketepatan dan keakuratan pengendara dalam memarkirkan kendaraan di atas *charging station* sangat menentukan kecepatan pengisian baterai kendaraan. Karena ketika kendaraan berada pada titik kerja maksimum *charging station* maka induksi elektromagnetik dapat terjadi dengan efisien .

2.2.3 *Swap system charging station*

Pada dasarnya *charging station* tipe ini memiliki cara kerja yang sama dengan *conductive charging station*. *Swap system charging station* mentransfer energi listrik menggunakan kabel. Tetapi pengisian baterai dilakukan dengan melepas baterai dari kendaraan dan meletakkannya pada *charging station*. Pengendara dapat mengambil baterai yang sudah diisi sebelumnya pada *charging station* tersebut. Biasanya pengisian baterai membutuhkan waktu yang relatif lama tetapi dengan sistem ini hanya membutuhkan waktu beberapa menit.



Gambar 2. 1 Contoh outlet *swap system charging station*

Hal yang perlu diperhatikan dari pemilihan *charging station* adalah kesesuaian *charger* dengan spesifikasi baterai kendaraan. Kesalahan dalam pemilihan *charging station* dapat mengurangi umur dari baterai kendaraan. Selain itu kecepatan pengisian menjadi hal yang dipertimbangkan karena kebutuhan akan efisiensi waktu.

2.3 Peralatan Pengisian Energi Listrik

Pengisian energi listrik didukung oleh tiga komponen utama, yaitu *charger*, kabel *charger* dan konektor. Peralatan tersebut haruslah ada dalam melakukan proses pengisian energi listrik. Selain itu terdapat beberapa peralatan lain yang biasanya ditempatkan di dalam *charger* maupun di luar *charger*. Peralatan-peralatan tersebut dapat berupa peralatan pengamanan seperti *circuit breaker* atau *fuse*.

2.3.1 *Charger*

Charger merupakan peralatan untuk mengkonversi daya listrik yang digunakan untuk mengisi baterai. Berdasarkan penempatannya *charger* terbagi menjadi 2 jenis, yaitu *on board charger* dan *off board charger*. *On board charger* adalah *charger* yang ditempatkan di dalam kendaraan. Bagian *output charger* terhubung secara permanen dengan baterai kendaraan. Sedangkan terhadap sumber energi listrik sebagai *input charger* dihubungkan melalui kabel *charger* dan konektor. *Off board charger* adalah *charger* yang ditempatkan di luar kendaraan. Arus DC yang dihasilkan melalui konversi energi pada *charger* kemudian di transfer langsung ke baterai kendaraan melalui kabel *charger* dan konektor. Berdasarkan sistem pengisian *on board charging* dikategorikan sebagai sistem pengisian AC sedangkan *off board charger* dikategorikan sebagai sistem pengisian DC.

2.3.2 Kabel *Charger*

Kabel merupakan penghantar berselubung yang digunakan mengalirkan arus dari sebuah sumber menuju ke beban. Selubung pembungkus tersebut dapat berupa karet, kertas, *polyvinyl chloride* (PVC) dan mineral.

Pemilihan kabel didasarkan pada ukuran, tegangan kerja, jumlah konduktor dan jenis kabel tersebut. Pemilihan berdasarkan ukuran dimaksudkan untuk kesesuaian kemampuan hantar arus yang diizinkan melewati kabel tersebut. Sedangkan pemilihan berdasarkan jenis kabel dimaksudkan untuk kesesuaian dengan kondisi dan tempat pengoperasian. Kabel terbagi menjadi beberapa jenis, berikut adalah beberapa jenis kabel [4].

1. NYA

Kabel jenis NYA merupakan kabel yang memiliki inti tunggal yang dilapisi oleh selubung isolasi berbahan PVC. Kabel NYA memiliki beberapa kode warna, yaitu merah, biru, hitam

dan kuning. Kabel NYA biasa digunakan dalam instalasi listrik rumah. Akan tetapi bahan kabel NYA disukai oleh tikus dan juga mudah rusak karena hanya memiliki 1 lapis isolasi. Oleh karena itu kabel NYA bisa dibuat di dalam pipa.

2. NYM

Kabel jenis NYM merupakan kabel yang memiliki beberapa inti (*multicores*). Kabel ini memiliki inti 2,3, atau 4 inti. Setiap inti dari kabel NYM diberi isolasi berbahan PVC demikian juga dengan bagian terluar. Kabel NYM biasanya digunakan sebagai kabel instalasi gedung dan ditanam di dalam dinding.

3. NYY

Kabel NYY merupakan kabel dengan inti lebih dari satu. Kabel ini dilengkapi dengan isolasi inti berbahan PVC demikian juga dengan isolasi terluar kabel. Kabel ini memiliki sifat yang fleksibel dan tidak disukai tikus. Kabel NYY dapat digunakan di dalam ruangan maupun di luar ruangan.

4. NYAF

Kabel jenis NYAF merupakan kabel yang memiliki inti tunggal. Kabel ini memiliki sifat yang fleksibel. Kabel NYAF digunakan pada instalasi permanen.

5. NYFGbY

Kabel jenis NYFGbY merupakan kabel yang didesain untuk penggunaan dibawah tanah. Kabel jenis ini mampu menahan tekanan oleh gangguan mekanis yang relatif tinggi karena kabel NYFGbY dilengkapi dengan pelindung yang terbuat dari baja.

2.3.3 Konektor

Konektor merupakan peratan penghubung antara *charger* dengan kendaraan dan sumber energi listrik. Konektor dibagi menjadi 2 jenis yaitu konektor *male* dan konektor *female*. Pemilihan konektor disesuaikan dengan rating tegangan dan arus sistem. Kecocokan antara *inlet* kendaraan dan *outlet* stop kontak dengan konektor juga harus diperhatikan. Hal ini dilakukan untuk memastikan konektor dapat terhubung dengan baik dengan *inlet* kendaraan dan juga *outlet* stop kontak.

2.4 Standardisasi *Charger*

Standar adalah suatu persyaratan yang biasanya dibuat dalam bentuk dokumen formal yang terbitkan oleh suatu badan standardisasi nasional maupun internasional. Suatu standar dapat berisi tentang kriteria, metode dan proses. Peralatan listrik dibuat melalui simulasi dan pengujian. Hal ini dilakukan untuk memastikan bahwa peralatan tersebut siap dan aman untuk digunakan. Salah satu syarat utama suatu peralatan listrik dalam hal ini *charger* dapat dikatakan aman adalah ketika peralatan itu sesuai dengan standar. Oleh karena itu, dalam melakukan pengujian *charger* diperlukan acuan berupa standar yang membahas mengenai tahanan isolasi, kekuatan dielektrik, pengaman hubung singkat, temperatur dan parameter lainnya yang dapat mempengaruhi performa dan keselamatan peralatan.

2.5 Pengujian Peralatan *Charger*

Pengujian merupakan suatu proses untuk mengetahui keadaan suatu barang. Pengujian dilakukan untuk memastikan barang tersebut baik dan aman untuk digunakan. Demikian juga dengan peralatan pendukung kendaraan listrik seperti *charger* perlu diuji untuk mengetahui performa *charger* tersebut dan keamanannya saat dioperasikan. Pengujian performa dan keamanan peralatan *charger* dapat diklasifikasikan menjadi tiga bagian. Pertama adalah pengujian pada sisi masukan *charger*. Parameter yang perlu diuji pada bagian ini meliputi *total harmonic distortion*, *voltage deviation*, *voltage flicker*, *voltage sag and short supply interruption* dan ketidakseimbangan tegangan tiga fasa. Kedua adalah pengujian pada bagian dalam *charger*. Parameter yang perlu diuji pada bagian ini meliputi tahanan isolasi, kekuatan dielektrik, penangkal petir, pelindung kontak, konduktor pada pelindung pembumian, *capacitor discharge* dan *contact current*. Ketiga adalah pengujian pada sisi keluaran atau pada sisi pengguna. Parameter yang perlu diuji pada bagian ini meliputi arus impuls, pengaman arus lebih, pengaman tegangan lebih, pengaman beban lebih, temperatur, pengaman hubung singkat, pengaman pemutus darurat dan *noncontact electric shock protection* [5]. Keadaan lingkungan pada proses pengujian ini sebisa mungkin disamakan dengan lingkungan dimana *charging station* atau *charger* tersebut akan ditempatkan. Hal ini dimaksud supaya performa *charger* pada saat pengujian menggambarkan performanya saat digunakan.

BAB 3

STANDAR UJI CHARGER KENDARAAN LISTRIK

3.1 Ruang Lingkup

Standar ini menetapkan pengujian untuk performa dan keselamatan peralatan *charger* sebagai peralatan penyuplai energi untuk baterai kendaraan listrik.

Tujuan dari standar ini adalah untuk menentukan prosedur pengujian untuk mendapatkan karakteristik dari peralatan *charger* sehingga dapat diketahui performa dan tingkat keselamatan dari peralatan penyuplai energi tersebut.

Standar ini memberikan prosedur uji yang baku dan kondisi untuk pengujian serta nilai yang seharusnya dari hasil pengujian setiap bagian dari peralatan *charger* tersebut. Standar sangat diperlukan untuk mendapatkan data dari setiap bagian yang diuji untuk berbagai desain *charger*.

Standar ini disusun untuk peralatan yang didesain untuk digunakan pada ketinggian sampai dengan 2000 m. Untuk peralatan yang digunakan pada ketinggian lebih dari 2000 m, perlu diperhatikan kekuatan dielektrik dan efek pendinginan oleh udara.

3.2 Acuan Normatif

Dokumen-dokumen berikut dijadikan referensi karena dianggap sangat diperlukan untuk penerapan dokumen ini. Untuk referensi yang tidak berlaku lagi, hanya edisi yang dikutip yang berlaku. Untuk referensi yang berlaku, digunakan edisi terbaru dari dokumen yang dijadikan referensi.

IEC 61851-1 : 2017, *Electric vehicle conductive charging system - Part 1: General requirements*

IEC 61851-21-1 : 2017, *Electric vehicle conductive charging system - Part 21-1: Electric vehicle on-board charger EMC requirements for conductive connection to an AC/DC supply*

IEC 60529 : 2013, *Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)*

IEC 60245-2 : 1998, *Rubber insulated cables – Rated voltages up to and including 450/750 V – Part 2: Test methods*

IEC 60664-1 : 2007, *Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 1: Principles, requirements and tests*

IEC 62196-1 : 2014, *Plugs, socket-outlets, vehicle connectors and vehicle inlets – Conductive charging of electric vehicles – Part 1: General requirements*

IEC 62893-1 : 2017, *Charging cables for electric vehicles for rated voltages up to and including 0,6/1 kV - Part 1 General requirements*

IEC 62893-2 : 2017, *Charging cables for electric vehicles for rated voltages up to and including 0,6/1 kV - Part 1 Test methods*

ISO 17409 : 2015, *Electrical propelled road vehicle-connection to an external power supply - safety requirement*

AIS 138 : 2017, *Part 1 : Electric Vehicle Conductive AC Charging System*

3.3 Istilah dan definisi

Untuk mempermudah dalam memahami dokumen ini maka diberikan istilah dan definisi. Istilah dan definisi tersebut kemudian akan di gunakan dalam dokumen ini. Berikut adalah istilah dan definisi dokumen tersebut.

1. Peralatan penyuplai (*EV supply equipment/EVSE*)
Peralatan atau kombinasi dari peralatan yang berfungsi untuk menyuplai energi listrik dari jaringan atau instalasi listrik untuk mengisi baterai kendaraan.
2. Kendaraan listrik (*electric vehicle*)
Kendaraan yang digerakkan oleh motor listrik yang menggunakan energi dari RESS, terutama yang digunakan di jalan umum.
3. *Rechargeable energy storage system* (RESS)
Sistem yang berfungsi untuk menyimpan energi dan dapat diisi ulang. Misalnya baterai dan kapasitor.
4. Penyuplai daya eksternal (*external electric power supply*)

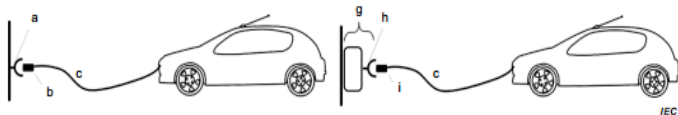
Sumber energi listrik yang bukan merupakan bagian dari kendaraan listrik yang berfungsi untuk menyuplai energi listrik dengan menggunakan beberapa peralatan.

5. *Charger*

Power converter pada peralatan penyuplai energi yang berfungsi untuk mengisi baterai.

6. Case A

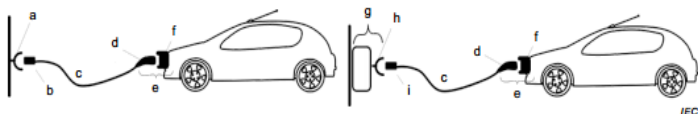
Koneksi antara kendaraan listrik dengan jaringan listrik dimana steker dan kabelnya merupakan bagian kendaraan listrik secara permanen.



Gambar 3. 1 Koneksi case A [6]

7. Case B

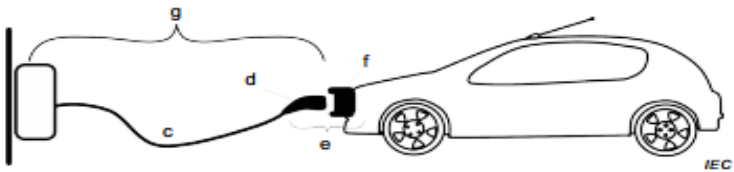
Koneksi antara kendaraan listrik terhadap jaringan listrik dimana kabel dapat dilepaskan dari keduanya (bukan bagian dari keduanya).



Gambar 3. 2 Koneksi case B [6]

8. Case C

Koneksi antara kendaraan listrik terhadap jaringan listrik dimana kabel dan konektor merupakan bagian dari *charging station*.



Gambar 3. 3 Koneksi case C [6]

Keterangan gambar

- a. Stop kontak
- b. Steker
- c. Kabel
- d. Konektor kendaraan
- e. *Coupler* kendaraan
- f. *Inlet* kendaraan
- g. *Charging station*
- h. Stop kontak kendaraan
- i. Steker kendaraan

9. *Protective earthing (PE)*

Pentanahan pada suatu titik atau sistem atau instalasi atau peralatan dengan tujuan keamanan.

10. Mode 1

Mode 1 adalah metode koneksi antara kendaraan listrik dengan sumber energi AC menggunakan kabel dan steker yang tidak dilengkapi dengan peralatan tambahan.

Nilai arus dan tegangan untuk mode 1 tidak melebihi:

- a. 16 A dan 250 V AC, 1 fasa
- b. 16 A dan 480 V AC, 3 fasa

Peralatan penyuplai mode 1 dilengkapi dengan konduktor PE dari steker.

11. Mode 2

Mode 2 adalah metode koneksi antara kendaraan listrik dengan sumber energi AC menggunakan kabel dan steker dengan *control pilot* dan sistem proteksi terhadap sengatan listrik diantara steker dan kendaraan.

Nilai arus dan tegangan untuk mode 2 tidak melebihi:

- a. 32 A dan 250 V AC, 1 fasa
- b. 32 A dan 480 V AC, 3 fasa

Peralata penyuplai mode 2 dilengkapi dengan konduktor PE dari steker.

12. Mode 3

Mode 3 adalah metode koneksi anrta kendaraan listrik dengan peralatan penyuplai energi AC yang terhubung tetap dengan jaringan listrik dengan control pilot dari peralatan penyuplai ke kendaraan. Peralata penyuplai mode 3 dilengkapi dengan konduktor PE dari steker.

13. Mode 4

Mode 4 adalah metode koneksi antara kendaraan dengan jaringan AC maupun DC yang dilengkapi dengan peralatan penyuplai DC dan *control pilot*.

14. *Enclosure*

Bagian yang memberikan perlindungan peralatan terhadap pengaruh eksternal dalam bentuk apa pun dan perlindungan terhadap kontak langsung.

15. Charger kelas I

Cherger dengan isolasi sebagai proteksi utama dan ikatan proteksi (*protective bonding*) sebagai proteksi terhadap kegagalan. Ikatan proteksi merupakan koneksi semua konduktor tanpa isolasi yang diketanahkan.

16. Charger kelas II

Charger dengan isolasi adalah proteksi utama dengan isolasi tambahan sebagai proteksi terhadap kegagalan.

3.4 Persyaratan *Charger*

Perlatan *charger* didesain sedemikian rupa sehingga dapat dihubungkan dengan kendaraan listrik. Pada kondisi pengisian normal tranfer energi dapat berjalan dengan performa yang baik dan aman dengan meminimalkan risiko bagi pengguna dan sekitarnya. Bagian ini akan membahas peralatan penyulai energi dengan rating tegangan maksimal sampai dengan 1000 V AC. Peralatan akan beropasi dengan optimal pada tegangan nominal $\pm 10\%$ dengan frekuensi $50\text{Hz} \pm 3\%$ pada suhu $0^{\circ}\text{C} - 55^{\circ}\text{C}$. Berdasarkan tempatnya *charger* diklasifikasikan menjadi dua yaitu di dalam ruangan dan di luar ruangan.

Pada saat melakukan pengisian temperatur peralatan *charger* akan naik. Temperatur maksimum pada bagian charger yang dapat digenggam ketika charger bekerja pada rating arus maksimum dengan temperatur lingkungan 40°C adalah 50°C pada bagian metal dan 60°C pada bagian

nonmetal. Sedangkan pada peralatan yang tidak dapat digenggam temperatur yang diizinkan adalah 60°C pada bagian metal dan 85°C pada bagian nonmetal.

3.4.1 Proteksi terhadap Sengatan Listrik [6]

Pada *charger* yang terhubung dengan jaringan listrik bagian yang dapat menyebabkan sengatan listrik harus di lindungi sehingga tidak membahayakan pengguna. Semua bagian dari *enclosure charger* harus dipastikan tidak menyebabkan sengatan listrik.

3.4.1.1 Tingkat proteksi terhadap bagian yang berbahaya

Tingkat proteksi dari setiap bagian diatur di dalam bagian ini. Setiap bagian dari peralatan penyuplai daya kendaraan harus memenuhi persyaratan berikut.

1. Tingkat IP untuk *enclosure charger* setidaknya adalah IPXXC
2. Tingkat IP ketika konektor dihubungkan dengan *inlet* kendaraan adalah IPXXD
3. Tingkat IP steker yang dihubungkan dengan stop kontak adalah IPXXD
4. Konektor kendaraan mode 1 yang tidak terhubung memiliki IPXXD
5. Konektor kendaraan mode 2 yang tidak terhubung memiliki IPXXB dengan nilai minimum tegangan ketika kontak terbuka sebanding dengan jarak kontak sesuai dengan IEC 60664-1 tentang *overoltage* kategori 2. Pada IEC 60664-1 diberikan untuk tegangan 230V /240 V maka nilai tegangan impuls adalah 2,5kV dengan kontak berjarak 1,5 mm
6. Konektor kendaraan dan stop kontak kendaraan listrik pada mode 3 yang tidak terhubung adalah IPXXB dengan terhubung langsung dengan perangkat *switching* mekanik dan memenuhi syarat berikut.
 - a. Nilai minimum tegangan ketika kontak terbuka sebanding dengan jarak kontak. Pada IEC 60664-1 diberikan bahwa untuk tegangan 230 V / 400 V maka tegangan impuls adalah 4 kV dengan jarak pemisah kontak lebih besar atau sama dengan 3 mm.
 - b. Adanya monitoring kontak *switching* untuk operasi *switching* mekanis untuk mengisolasi ketika ada terjadi gangguan atau kesalahan operasi pada bagian hulu sistem.

- c. Adanya penutup pada bagian stop kontak maupun konektor untuk case C.

3.4.1.2 Discharge Kapasitor

Satu detik setelah pelepasan koneksi antara kendaraan listrik dengan suplai tegangan antara konduktor dan konduktor PE harus lebih kecil atau sama dengan 42,4 V tegangan puncak AC atau 60 V DC dan energi yang tersimpan harus lebih kecil dari 20 J. Apabila tegangan puncaknya lebih besar dari 42,4 V atau 60 V DC atau energi yang tersimpan lebih besar dari 20 J maka perlu di berikan label peringatan yang ditempatkan pada posisi yang tepat dan dapat dilihat dengan jelas.

3.4.1.3 Proteksi Kegagalan

Proteksi kegagalan harus terdiri dari satu atau lebih sebagaimana proteksi yang diatur dalam IEC 60364-4-41, yaitu:

- a. Pemutus otomatis dari suplai
- b. Isolasi ganda atau isolasi yang diperkuat
- c. Pemisah elektrik
- d. *Extra low voltage* (SELV dan PELV)

Pemisah elektrik dapat terpenuhi jika ada peralatan yang terpisah secara elektrik pada setiap kendaraan.

3.4.2 Karakteristik Peralatan Switching mekanik

3.4.2.1 Switch dan Disconnect Switch

Pemilihan peralatan *switch* dan *disconnect switch* mengacu kepada IEC 60947-3. Pada penggunaan pada sistem AC maka switch dan disconnect switch harus memiliki rating arus minimal pada kategori penggunaan AC-22A yaitu 160 A AC pada sistem dengan frekuensi 50 Hz atau 60 Hz dan tidak lebih kecil dari rating arus *charger*. Sedangkan pada penggunaan pada sistem DC, *switch* dan *disconnect switch* harus memiliki rating arus minimal pada kategori penggunaan DC-21A yaitu 1250 A pada tegangan 250 V dan tidak lebih kecil dari rating arus *charger*.

3.4.2.2 Kontaktor

Kontaktor harus sesuai dengan ketentuan yang diatur pada IEC 60947-4-1. Untuk penggunaan pada sistem AC, kontaktor harus memiliki rating arus minimal pada kategori penggunaan AC-1 dan tidak lebih kecil dari rating arus *charger*. Demikian juga dengan penggunaan pada

sistem DC, kontaktor harus memiliki rating arus minimal pada kategori penggunaan DC-1 dan tidak lebih kecil dari rating arus pada peralatan *charger*.

3.4.2.3 *Inrush Current*

Peralatan *charger* berfungsi mengalirkan arus untuk disimpan dalam baterai kendaraan listrik. Sebuah *charger* akan menahan arus puncak sebesar 230 A dalam 100 μ s setelah kontaktor ditutup tanpa mengalami gangguan. Ketika melakukan pengisian kapasitor pada charger konduktor mengalirkan arus sebesar 30 A (rms) selama 1 detik. *Inrush current* terjadi akibat dari dua fenomena tersebut. Pada fenomena pertama *inrush current* terjadi akibat EMC filter sedangkan pada fenomena kedua terjadi akibat kapasitansi dari peralatan elektronika daya *charger*.

Pengujian *inrush current* dilakukan dengan memenuhi kondisi-konsisi berikut ini.

1. Tegangan suplai merupakan tegangan rating peralatan
2. Suplai daya akan menyuplai impedansi ke sistem (*impedance loop*) tidak lebih dari 150 m Ω
3. *Impedance loop* dapat diukur sesuai dengan IEC 60364-6
4. Suplai daya eksternal harus memenuhi salah satu dari syarat berikut, diantaranya:
 - a. Instalasi tetap, perangkat *switching* untuk pengujian dan kabel (misal kabel untuk case B atau case C)
 - b. Instalasi tetap dan peralatan penyuplai kendaraan listrik dengan kabel tes (kabel case B atau case C)
5. Jika dari hasil pengukuran impedansi kurang dari 150 m Ω maka kabel tes (case B atau case C) dapat digunakan untuk menaikkan suplai impedansi ke sistem.

Pengukuran dilakukan pada level kendaraan atau level komponen yang relevan dengan power suplai kendaraan. Tegangan suplai daya eksternal akan diukur. Pada tegangan puncak pada sudut fasa $90^\circ \pm 5^\circ$ akan diterapkan pada peralatan yang akan diukur. Kondisi tersebut dapat dicapai dengan memicu (*trigger*) peralatan *switch* penyuplai kendaraan listrik. Arus dan tegangan puncak akan diukur. Jika tegangan yang diberikan suplai daya tidak memenuhi tegangan rating maka tegangan yang digunakan adalah tegangan yang mendekati rating peralatan yang diuji. Sehingga mendapatkan hasil pengukuran yang tepat. Pengulangan pengujian dapat dilakukan setelah beberapa saat dengan memastikan kapasitor pada peralatan yang diuji telah mengalami *discharge*.

3.4.2.4 Jarak Clearances dan jarak Creepage

Jarak *clearance* adalah jarak minimum antara dua konduktor atau lebih dengan isolasi udara sedangkan jarak *creepage* merupakan jarak minimum antara dua konduktor berisolasi padat. Standar jarak *clearance dan creepage* mengacu kepada IEC 60664-1 [7]. Jarak *clearance* antar konduktor dibedakan berdasarkan nilai *impulse withstand voltage*, tingkat polusi dan medan homogen atau tidak homogen. Sedangkan untuk jarak *creepage* dibedakan berdasarkan rating tegangan kerja dalam r.m.s, jenis material isolasi konduktor serta nilai tingkat polusi dari lokasi operasi peralatan berdasarkan penempatannya baik di dalam ruangan atau di luar ruangan. Jenis material isolasi dibedakan berdasarkan *comparative tracking index* (CTI). Nilai CTI umumnya digunakan sebagai elemen untuk mengukur karakteristik *breakdown* berdasarkan jenis material isolasinya. Berikut pengelompokan material berdasarkan CTI dari masing-masing material.

1. Material I : $600 \leq \text{CTI}$
2. Material II : $400 \leq \text{CTI} < 600$
3. Material III $175 \leq \text{CTI} < 400$

Kesesuaian syarat jarak *clearance* dan *creepage* dapat diketahui dengan melakukan inspeksi atau dengan pengujian.

Tabel 3. 1 Jarak *clearance* mengacu pada IEC 60664-1 [7]

Nilai <i>impulse withstand voltage</i>	Jarak <i>Clearance</i> minimum di udara pada 2000 mdpl					
	Medan tidak homogen			Medan homogen		
	Tingkat polusi			Tingkat polusi		
kV	1	2	3	1	2	3
	mm	mm	mm	mm	Mm	mm
0,33	0,01	0,2	0,8	0,01	0,2	0,8
0,40	0,02			0,02		
0,50	0,04			0,04		
0,60	0,06			0,06		
0,80	0,10			0,10		
1,0	0,15			0,15		
1,2	0,25	0,25		0,2		
1,5	0,5	0,5		0,3	0,3	

Nilai <i>impulse withstand voltage</i>	Jarak <i>Clearance</i> minimum di udara pada 2000 mdpl					
	Medan tidak homogen			Medan homogen		
	Tingkat polusi			Tingkat polusi		
kV	1	2	3	1	2	3
	mm	mm	mm	mm	mm	mm
2,0	1,0	1,0	1,0	0,45	0,45	0,8
2,5	1,5	1,5	1,5	0,60	0,60	
3,0	2,0	2	2	0,80	0,80	
4,0	3,0	3,0	3,0	1,2	1,2	1,2

Tabel 3. 2 Jarak *creepage* mengacu pada IEC 60664-1 [7]

Voltage r.m.s (V)	Jarak minimum <i>creepage</i>						
	Tingkat polusi						
	1	2			3		
	Semua material (mm)	Jenis material			Jenis material		
		I	II	III	I	II	III
		mm	mm	mm	mm	Mm	mm
10	0,080	0,400	0,400	0,400	1,000	1,000	1,000
12,5	0,090	0,420	0,420	0,420	1,050	1,050	1,050
16	0,100	0,450	0,450	0,450	1,100	1,100	1,100
20	0,110	0,480	0,480	0,480	1,200	1,200	1,200
25	0,125	0,500	0,500	0,500	1,250	1,250	1,250
32	0,14	0,53	0,53	0,53	1,30	1,30	1,30
40	0,16	0,56	0,80	1,10	1,40	1,60	1,80
50	0,18	0,60	0,85	1,20	1,50	1,70	1,90
63	0,20	0,63	0,90	1,25	1,60	1,80	2,00
80	0,22	0,67	0,95	1,30	1,70	1,90	2,10
100	0,25	0,71	1,00	1,40	1,80	2,00	2,20

3.4.3 Tingkat IP

Tingkat IP (*Ingress Protection*) [8] merupakan petunjuk mengenai tingkat proteksi suatu benda terhadap intrusi benda padat seperti debu, jari tangan, kontak tidak sengaja ataupun perembesan benda cair. Tingkat

IP dituliskan dengan huruf IP diikuti dengan 2 angka dan huruf. Angka pertama menyatakan tingkat proteksi terhadap benda padat sedangkan angka kedua menyatakan tingkat proteksi terhadap benda cair. Huruf tambahan menyatakan tingkat proteksi suatu peralatan terhadap sengatan listrik. Masing-masing tingkat proteksi diuji dengan alat yang berbeda seperti pada IEC 60529.

3.4.3.1 Tingkat Proteksi terhadap Benda Padat dan Air pada Enclosure Charger

Tingkat IP pada peralatan penyuplai energi kendaraan mengacu pada IEC 60529 adalah sebagai berikut.

1. Penggunaan di dalam ruangan (*indoor*) minimal IP41
2. Penggunaan di luar ruangan (*outdoor*) minimal IP44

Sedangkan tingkat IP untuk steker, *outlet* stop kontak, konektor kendaraan dan *inlet* kendaraan adalah sebagai berikut.

1. Penggunaan di dalam ruangan
 - a. Konektor kendaraan yang terhubung dengan *inlet* kendaraan adalah IP21
 - b. Steker yang terhubung dengan *outlet* stop kontak adalah IP 21
 - c. Konektor kendaraan untuk case C adalah IP21
 - d. Konektor kendaraan untuk case B adalah IP24
2. Penggunaan di luar ruangan
 - a. Konektor kendaraan yang terhubung dengan *inlet* kendaraan adalah IP44
 - b. Steker yang terhubung dengan *outlet* stop kontak adalah IP44
 - c. Konektor kendaraan adalah IP24
 - d. Steker kendaraan adalah IP24

3.4.3.2 Uji Tingkat Proteksi terhadap Benda Padat

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan tingkat proteksi peralatan penyuplai energi terhadap benda padat. Alat yang dibutuhkan untuk pengujian dapat dilihat dalam tabel 3.3 berikut ini.

Tabel 3. 3 Kekuatan uji berdasarkan level angka pertama proteksi terhadap benda padat [8]

Angka pertama	Alat pengujian	Kekuatan uji
2	Bidang keras tanpa pegangan atau pelindung dengan diameter 12,5 (+0,2) mm	30 N \pm 10%
4	Batang baja keras dengan diameter 1 (+0,05) mm dengan ujung tidak bergerigi	1 N \pm 10%

Alat pengujian tersebut didorong ke dalam *enclosure charger* melalui bagian sambungan yang akan diuji. Gaya yang diberikan untuk mendorong alat uji tersebut mengikuti tabel di atas. Hasil pengujian dapat dinyatakan memenuhi syarat apabila alat pengujian yang ditentukan pada tabel diatas tidak melewati bagian *enclosure charger*.

3.4.3.3 Uji Tingkat Proteksi terhadap Benda Cair

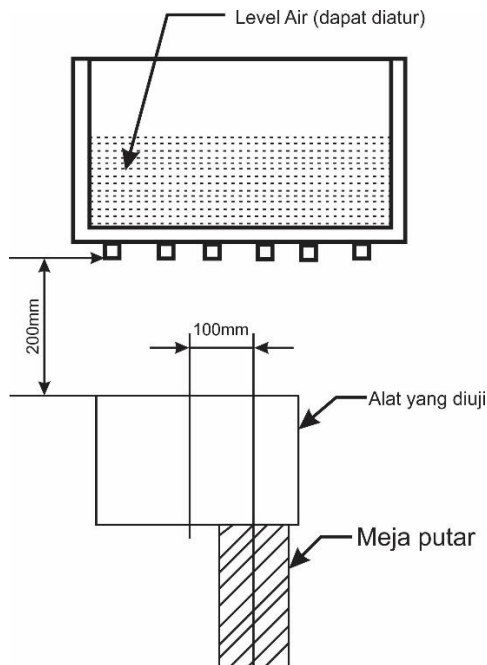
Pengujian ini bertujuan untuk menentukan tingkat proteksi peralatan penyuplai energi terhadap benda cair. Pada pengujian ini air yang digunakan adalah air tawar. Selama pengujian untuk IPX1 sampai IPX6 temperatur air tidak diperbolehkan memiliki selisih lebih besar 5K dari *enclosure charger*. Pada saat melakukan pengujian kelembaban yang terkandung di dalam *enclosure charger* mungkin akan mengembun. Embun yang terjadi di dalam *enclosure* bukan merupakan kegagalan proteksi terhadap benda cair. Alat yang dibutuhkan untuk pengujian ini dapat dilihat pada tabel 3.4 dibawah ini.

Tabel 3. 4 Debit air berdasarkan level angka kedua proteksi terhadap benda cair [8]

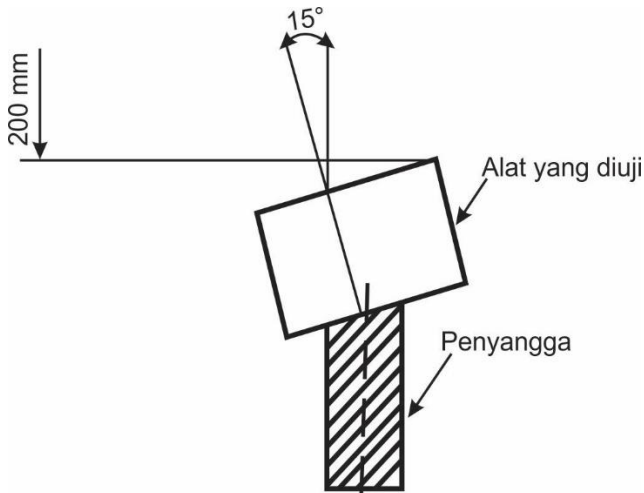
Angka kedua	Alat pengujian	Debit air	Waktu pengujian (menit)
1	Wadah air seperti pada gambar 3.6	1 (+0,5) (mm ³ /menit)	10
	Enclosure pada meja putar		

Angka kedua	Alat pengujian	Debit air	Waktu pengujian (menit)
4	Tabung berofilasi seperti pada gambar 3.5 yang disemprotkan $\pm 180^\circ$ dari sisi vertikal dengan jarak maksimal 200 mm	0,07 l/menit $\pm 5\%$ pada setiap lubang	10
	Pipa semprot yang menyemprot air $\pm 180^\circ$ dari sisi vertikal	10 l/menit $\pm 5\%$	5

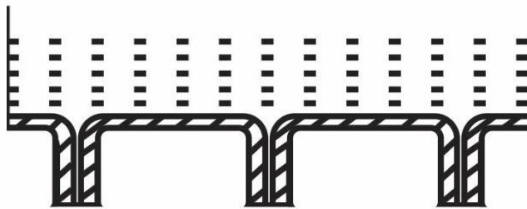
Pada pengujian IP angka kedua tingkat pertama air yang berada pada wadah ditetaskan secara perlahan terhadap *enclosure*. Jarak antar saluran air pada wadah adalah 20 mm.



Gambar 3. 4 Skema pengujian untuk angka kedua tingkat 1

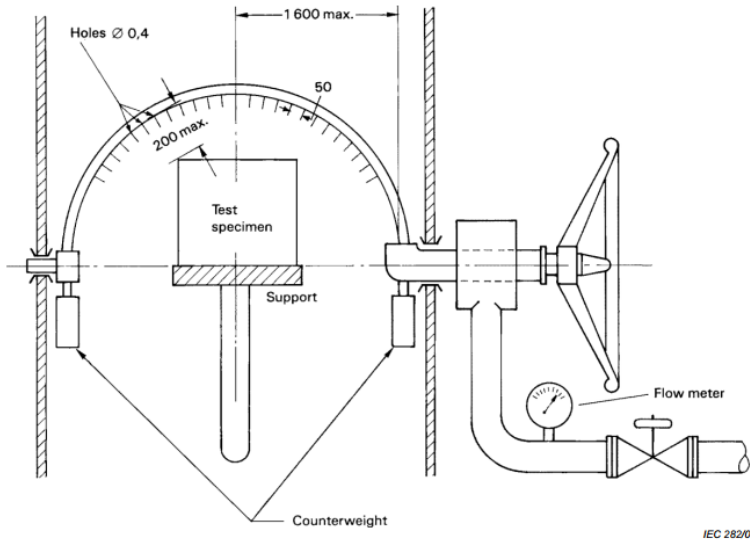


Gambar 3. 5 Meja putar pada pengujian IP angka kedua tingkat pertama



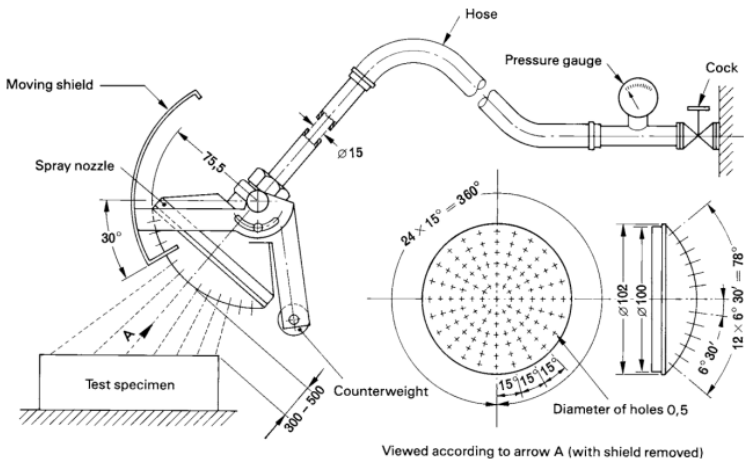
Gambar 3. 6 Saluran air pada wadah pengujian

Pada pengujian proteksi terhadap air tingkat pertama enclosure ditetesi air secara merata pada semua permukaan. Meja putar sebagai tempat penyangga enclosure diputar dengan kecepatan 1 rpm dengan sumbu putar meja dan enclosure charger berjarak 100 mm.



IEC 282/01

Gambar 3. 7 Tabung berofilasi untuk pengujian angka kedua tingkat 4 [8]



Viewed according to arrow A (with shield removed)

IEC 283/01

Gambar 3. 8 Pipa penyemprot untuk pengujian angka kedua tingkat 4 [8]

Pada pengujian proteksi terhadap air tingkat keempat dideskripsikan melalui gambar 3.7 dan gambar 3.8. Pengujian dengan tabung berofilasi lubang penyemprot membentuk setengah lingkaran atau 180°. Total aliran disesuaikan dengan banyaknya lubang dan jari-jari tabung. Aliran diukur dengan alat pengukur aliran air. Sedangkan pada pengujian dengan pipa penyemprot, tekanan air diatur sedemikian sehingga mencapai 50 kPa sampai dengan 150 kPa dan dijaga agar tetap konstan. Waktu yang dibutuhkan untuk pengujian adalah 1 menit/m² luas permukaan *enclosure* dengan durasi minimal adalah 5 menit.

Tabel 3. 5 Total aliran air berdasarkan jumlah lubang dan jari-jari pada tabung berofilasi [8]

Jari-jari tabung (mm)	Jumlah lubang	Total aliran air (l/menit)
200	12	0,84
400	25	1,8
600	37	2,6
800	50	3,5
1000	62	4,3
1200	75	5,3
1400	87	6,1
1600	100	7,0

3.4.4 Tahanan Isolasi

Tahanan isolasi diukur dengan memberikan tegangan 500V DC pada bagian *input* dan *output*. Hasil pengukuran tahanan isolasi harus mencapai nilai nomilah sebagai berikut.

- Charger* kelas I nilai R lebih besar dari 1M Ω
- Charger* kelas II nilai R lebih besar dari 7M Ω

Pengukuran tahanan isolasi dilakukan setelah memberikan tegangan selama 1 menit dan dilakukan setelah *damp heat test* pada 3.7.3.

3.4.5 Touch Current

Touch current atau arus sentuh adalah arus yang mengalir pada lapisan logam yang menutupi bagian *charger* yang bertegangan. Arus tersebut diukur pada suhu 40 °C \pm 2 °C dengan kelembaban relatif sebesar 93% selama 4 hari. Selama pengujian *charger* terhubung dengan suplai

dengan tegangan sebesar 1,1 kali tegangan maksimum *charger* tersebut. Pengujian ini dilakukan dengan memberikan beban resistif sesuai dengan rating *output charger*. Besar nominal arus yang mengalir pada lasisan logam tidak melebihi nilai yang di tentukan pada tabel 3.6.

Tabel 3. 6 Batas *touch current* [6]

	Kelas I	Kelas II
Antara kutub bagian bertegangan dengan logam yang dapat disentuh	3,5 mA	0,25 mA
Antara kutub bagian bertegangan dengan logam yang tidak dapat disentuh	-	3,5 mA
Antara bagian logam yang dapat diakses dengan bagian logam yang tidak dapat diakses	-	0,5 mA

3.4.6 *Dielectric Withstand Voltage*

3.4.6.1 *AC Withstand Voltage*

Pengujian *dielectric withstand voltage* menggunakan tegangan AC dengan frekuensi 50 Hz atau 60 Hz yang diberikan selama 1 menit. Untuk peralatan *charger* kelas I tegangan yang diberikan sebesar $U_n + 1200$ V rms. Dimana U_n adalah tegangan fasa terdapat netral. Sedangkan untuk peralatan *charger* kelas II tegangan yang diberikan adalah dua kali $U_n + 1200$ V rms. Teganagn AC dapat digantikan dengan tegangan DC dengan nilai tegangan yang sama dengan tegangan puncak AC. Pada pengujian ini semua semua peralatan harus terhubung kecuali peralatan-perlatan yang secara khusus didesain untuk pengujian teganagan rendah seperti alat ukur.

3.4.6.2 *Impulse Dielectric Withstand (1,2 μ /50 μ)*

Dielectric witstand akan diperiksa berdasarkan IEC 60664-1. Tegangan 6000 V akan di berikan pada *power circuit* mode *common* dan 4000 V pada mode diferensial. Pengujian dilakukan berdasarkan IEC 61180-1. Pengujian pada mode diferensial hanya dilakukan pada EVSE AC *fast charging*. Setelah pengujian beberapa kriteria yang perlu diperiksa untuk memastikan kelayakan EVSE adalah stabilitas tegangan *output*, tekanan isolasi dan proteksi hubung singkat pada bagian *output*.

3.4.7 Pemutus Darurat

Peralatan pemutus darurat atau *emergency disconnect* berfungsi untuk memutuskan suplai energi listrik dari peralatan *charger*. Peralatan pemutus darurat dapat menjadi bagian dari jaringan penyulai atau bagian dari *charger*. Pemasangan peralatan pemutus darurat tidak menjadi sebuah keharusan. Peralatan tersebut dipasang sesuai dengan peraturan nasional.

Catatan 1: Di beberapa negara peralatan pemutus darurat disediakan dengan rating lebih besar dari 60 A atau tegangan fasa terhadap *ground* sebesar 150 V.

3.4.8 Tanda (*Marking*)

Pembuatan sebuah peralatan listrik dalam hal ini peralatan *charger* harus disertai tanda tentang informasi yang dibutuhkan pengguna untuk pemilihan peralatan *charger* yang tepat. Tanda tersebut harus dibuat dengan jelas, dapat dibaca dan tahan lama. Tanda yang perlu dicantumkan pada peralatan penyuplai energi kendaraan adalah sebagai berikut.

1. Nama perusahaan, logo atau merek dagang perusahaan
2. Petunjuk jenis atau nomor identifikasi untuk mempermudah memperoleh informasi yang relevan untuk jenis peralatannya tersebut.
3. Tanggal pembuatan
4. Jenis arus
5. Frekuensi dan fasa untuk peralatan AC
6. Rating tegangan
7. Rating arus
8. Tingkat proteksi
9. Tanda “*indoor use only*” jika peralatan dibuat untuk penggunaan di dalam ruangan
10. Informasi lainnya yang menjelaskan tentang klasifikasi alat

Sedangkan tanda yang perlu di cantumkan untuk kabel *charger* adalah sebagai berikut.

1. Nama perusahaan atau merek dagang
2. Nomor identifikasi
3. Rating tegangan
4. Rating arus
5. Fasa
6. Tingkat proteksi

Tanda pada peralatan dibuat dengan berbagai cara supaya tanda tersebut dapat bertahan lama. Pengujian daya tahan tanda tersebut dilakukan dengan menggosok tanda tersebut dengan sebuah kain yang sudah direndam di dalam air selama 15 detik. Kemudian tanda tersebut digosok lagi dengan kain yang sudah direndam di dalam peroleum. Setelah pengujian tanda harus dapat dibaca dengan jelas dengan penglihatan normal tanpa memerlukan alat bantu penghilahan seperti kaca pembesar.

3.5 Persyaratan Kabel *Charger*

Bagian ini menetapkan konstruksi, dimensi dan persyaratan pengujian untuk kabel dengan rating tegangan sampai dengan 0,6/1 kV AC atau sampai dengan 1500 V DC [9] [10]. Suhu konduktor maksimum untuk kabel di bagian IEC 62893 adalah 90°C.

3.5.1 Dimensi Kabel

Panjang kabel maksimum menyesuaikan dengan kode regulasi nasional jika ada.

Catatan 1: Panjang kabel maksimum adalah 7,5 m kecuali dilengkapi dengan sistem manajemen kabel sesuai dengan regulasi Amerika Serikat.

Catatan 2 : Panjang kabel maksimum adalah 5 m kecuali dilengkapi dengan sistem manajemen kabel sesuai dengan regulasi Cina.

3.5.2 Manajemen Kabel dan Penyimpanan Kabel Terpasang

Untuk case C EVSE disediakan tempat penyimpanan kabel ketika tidak digunakan. Titik terendah konektor kendaraan pada penyimpanan kabel adalah 0,5 m sampai dengan 1,5 m dari permukaan tanah. Penyimpanan harus diperhatikan untuk mencegah kabel mengalami *overheating*.

3.5.3 Rating Tegangan

Rating tegangan kabel merupakan tegangan referensi untuk kabel yang di desain. Rating tegangan pada sistem arus bolak-balik dinyatakan dengan kombinasi dua nilai U_0/U , dinyatakan dalam volt, dimana:

- a. U_0 adalah nilai tegangan RMS antara konduktor dengan tanah (penutup kabel atau media di sekitarnya)
- b. U adalah nilai tegangan RMS antar konduktor fasa pada *multicore cable* atau tegangan sistem pada *single core cable*.

Pada sistem AC rating tegangan kabel harus setidaknya sama dengan tegangan sistem.

Tabel 3. 7 Tegangan kerja maksimum berdasarkan rating tegangan kabel [9]

Rating tegangan kabel (U_0/U)	Tegangan maksimum sistem yang diperbolehkan			
	AC	AC 3 fasa	DC	
	Konduktor - tanah	Konduktor-konduktor	Konduktor - tanah	Konduktor-konduktor
	U_0 maks	U maks		
300/500 V	320 V	550 V	410 V	820 V
450/750 V	480 V	825 V	620 V	1,24 kV
0,6/1 kV	0,7 kV	1,2 kV	0,9 kV	1,8 kV

3.5.4 Ukuran Kabel

Ukuran kabel dibedakan menurut tegangan rating dari sistem. Ukuran kabel *charger* adalah sebagai berikut:

- Untuk sistem dengan tegangan 300/500 V adalah 1,5 mm² dan 2,5 mm² untuk 3 inti.
- Untuk sistem dengan tegangan 450/750 V adalah 1,5 mm² sampai dengan 35 mm² untuk 3,4 dan 5 inti.
- Untuk sistem dengan tegangan 0,6/1 kV adalah 10 mm² sampai dengan 90 mm² untuk 2 dan 3 inti (khusus DC).
- Untuk kabel *pilot control* minimal 0,5 mm².

3.5.5 Uji Pelapukan/Ketahanan terhadap Paparan Rasiiasi UV

Pengujian ini adalah untuk menentukan ketahanan selubung kabel terhadap paparan UV. Penilaian dilakukan pada kondisi sebelum dan sesudah terkena sinar ultraviolet dan air. Peralatan yang di butukan dalam pengujian ini adalh sebagai berikut.

- Sumber lampu xenon dengan filter borosilicate sehingga dapat menghasilkan radiasi $43 \text{ W/m}^2 \pm 15\%$ dengan spektrum antara 300 nm sampai dengan 400 nm.
- Peralatan untuk kontrol suhu, kelembaban dan *cycle*.
- Mesin untuk memompa air deionisasi dengan konduktivitas tidak lebih dari 5 $\mu\text{S/cm}$, aliran air harus menjamin semua bahan uji dapat dibasahi.

4. Peralatan kontrol radiasi.

Sepuluh kabel sebagai bahan uji dimana lima tidak diberikan perlakuan tertentu sedangkan lima potong bahan uji lainnya diberi perlakuan selama 720 jam dengan 360 siklus dimana setiap siklus terjadi selama 120 menit seperti kondisi berikut.

1. 102 menit diberi paparan radiasi UV pada suhu 60 ± 3 °C dengan kelembaban 50 ± 10 %
2. 18 menit diberi paparan hujan tanpa radiasi pada suhu 50 ± 3 °C
3. Setelah diberi paparan radiasi UV dan hujan bahan uji dipindahkan dan dikondisikan pada suhu lingkungan setidaknya 16 jam.

Semua bahan uji akan diuji kekuatan tarik dan persentase pemanjangannya. Nilai median dari lima bahan uji yang diberi paparan radiasi UV dan hujan dibagi dengan nilai median lima bahan uji lainnya. Hasil bagi dari pembagian median tersebut adalah 70% atau lebih.

3.5.6 Uji Crush Resistance

Pengujian ini menjelaskan metode untuk menentukan ketahanan kabel terhadap tekanan karena penggunaan kabel berisiko terkena gangguan berupa tekanan dari benda asing. Peralatan yang diperlukan dalam pengujian ini adalah sebagai berikut.

1. Sebuah mesin kompresi (*crush tester*) dengan perangkat untuk mengukur dan menampilkan besarnya gaya kompresi yang akurat hingga 2%. Mesin mampu untuk bergerak dengan kecepatan 10 ± 1 mm/menit.
2. Dua pelat baja dengan lebar 50 mm
3. Sebatang bor baja dengan diameter 20 mm dan panjang 50 mm yang dipasang pada salah satu pelat baja.
4. Sumber tegangan maksimum 30 V DC dengan indikator

Kabel sebagai bahan uji memiliki panjang minimal 2,5 m. Salah satu ujung kabel dibuat tanpa selubung. Ujung konduktor yang telanjang dihubungkan dengan salah satu sisi sumber tegangan DC dan sisi yang lain dihubungkan dengan kedua pelat baja.

Pengujian dilakukan pada suhu ruangan. Tahapan pengujian adalah sebagai berikut.

1. Kedua pelat dipasang secara horizontal pada mesin kompresi.
2. Batang bor diletakkan di tengah dan tegak lurus terhadap sisi pelat baja yang terletak pada bagian bawah.

3. Kabel diletakkan tegak lurus terhadap sumbu longitudinal batang bor. Sehingga kabel bedara di antara kedua pelat dan batang bor.
4. Pelat baja bagian atas diturunkan sampai menyentuh permukaan kabel.
5. Pelat baja diturunkan lagi sampai sinyal indikator menyala.
6. Gaya pada mesin kompresi dicatat.
7. Prosedur diatas diulangi pada 9 titik uji di sepanjang kabel. Masing-masing titik uji tersebut setidaknya berjarak 250 mm dan setidaknya 125 mm dari ujung kabel.

Catatan : Setiap kabel harus memenuhi gaya rata-rata minimum sebagai berikut.

1. Kabel dengan luas penampang konduktor sampai dengan 4 mm² adalah 4 kN.
2. Kabel dengan luas penampang koduktor diatas 4 mm² adalah 11 kN.

3.5.7 Resistansi Konduktor

Untuk mengetahui resistansi konduktor, masing-masing konduktor harus diukur dengan panjang minimal sampel kabel adalah 1 m. Pengukuran resistansi konduktor menggunakan mega ohm meter. Jika dianggap perlu resistansi pada suhu 20°C untuk panjang 1 km dapat dijadikan acuan dengan rumus sebagai berikut.

$$R_{20} = R_t \frac{254,5}{234,5 + t} \times \frac{1000}{L} \quad (3.1)$$

Dimana R_{20} adalah reisisansi ohm/km pada suhu 20°C, R_t adalah resistansi konduktor dengan panjang L, L adalah panjang sampel konduktor dan t adalah temperatur saat pengujian.

3.5.8 Uji Tegangan pada *completed cable*

Pengujian ini mengacu kepada IEC 62893-1. Pengujian dilakukan terhadap kabel dengan panjang sampel minimum adalah 10 m. Metode pengujian berdasarkan IEC 60245-2 adalah sebagai berikut.

1. Sampel kabel direndam di dalam air dengan suhu 20 ± 5 °C selama 1 jam.
2. Kabel dikeluarkan dari air.

3. Sampel diberi tegangan AC atau DC sesuai rating kabel tersebut. Berikut adalah nilai tegangan yang diberikan berdasarkan rating kabel.

Tabel 3. 8 Tegangan uji berdasarkan rating tegangan kabel [9]

Sumber tegangan	Rating tegangan kabel		
	300/500V	450/750V	0,6/1 kV
AC	2000 V	2500 V	3500 V
DC	4000 V	5000 V	7500 V

4. Tegangan AC atau DC diberikan terhadap sampel masing-masing minimal 5 menit.

Catatan: tidak terjadi breakdown selama pengujian.

3.5.9 Uji Tegangan Inti Kabel

Pengujian dilakukan terhadap kabel dengan panjang sampel minimum adalah 5 m. Metode pengujian berdasarkan IEC 60245-2 adalah sebagai berikut.

1. Sampel kabel direndam di dalam air dengan suhu 20 ± 5 °C selama 1 jam.
2. Kabel dikeluarkan dari air.
3. Sampel diberi tegangan AC atau DC sesuai rating kabel tersebut. Berikut adalah nilai tegangan yang diberikan berdasarkan rating kabel.

Tabel 3. 9 Tegangan uji inti kabel berdasarkan diameter inti [9]

Sumber tegangan	Diameter inti (mm)	Rating tegangan kabel		
		300/500V	450/750V	0,6/1 kV
AC	≤ 6	1500 V	-	-
	> 6	2000 V	2500 V	3500 V
DC	≤ 6	3000 V	-	-
	> 6	4000 V	5000 V	7000

4. Tegangan AC atau DC diberikan terhadap sampel masing-masing minimal 5 menit.

Catatan: tidak terjadi breakdown selama pengujian.

3.5.10 Uji Tahanan Isolasi

Pengujian tahanan isolasi kabel dilakukan dengan menggunakan mega ohm meter (megger). Sampel sepanjang 5 m yang akan diukur tahanan isolasinya dipanaskan terlebih dahulu dengan suhu 90°C selama 2 jam. Kemudian tahanan isolasinya diukur dengan meger. Nilai tahanan isolasi minimum berdasarkan PUIL 2011 dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 3. 10 Nilai tahanan isolasi minimum [11]

Tegangan nominal (V)	Tegangan uji arus searah (V)	Tahanan isolasi minimum (MΩ)
50-120	250	$\geq 0,25$
≤ 500	500	$\geq 0,5$
> 500	1000	≥ 1

3.5.11 Uji Tahanan Isolasi Jangka Panjang terhadap Sumber DC

Pengujian dilakukan pada sampel kabel sepanjang 5 m dengan semua penutup telah dilepaskan. Hindari kerusakan inti selama pelepasan selubung kabel. Pengujian ini mengacu kepada IEC 62893-2.

Tahapan pengujian adalah sebagai berikut:

1. Rendam sampel pada larutan natrium klorida dengan konsentrasi 30 g/l selama 240 ± 2 jam pada suhu $85 \pm 2^\circ\text{C}$.
2. Keluarkan kedua ujung sampel dari larutan masing-masing kira-kira 250mm.
3. Hubungkan kutup negatif sumber DC dengan tegangan 600 V ke konduktor dan kutup positif ke elektroda tembaga yang di rendam dalam larutan.

Catatan : Selama pengujian dan setelah pengujian tidak terjadi *breakdown* dan bagian luar isolasi tidak mengalami kerusakan. Perubahan warna dapat diabaikan.

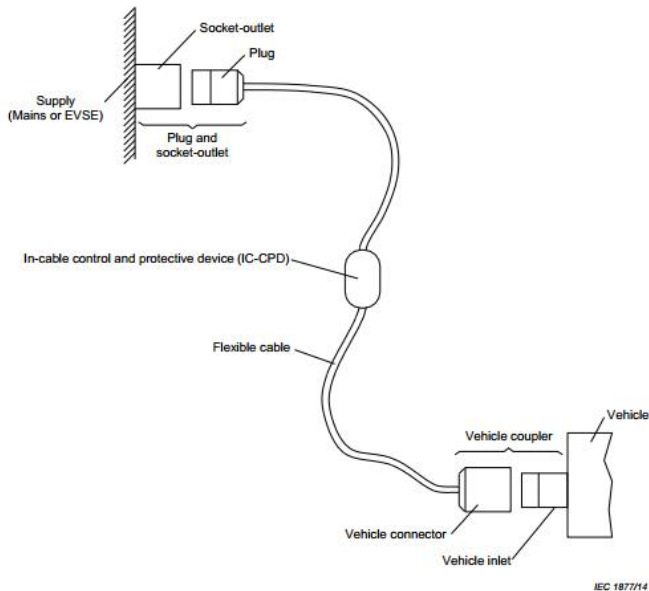
3.5.12 Proteksi terhadap Beban Lebih dan Hubung Singkat

Setiap peralatan penyuplai energi listrik harus menyediakan peroteksi terhadap bahaya beban lebih dan hubung singkat. Bahaya akibat beban lebih dan hubung singkat dapat dihindari dengan menggunakan *circuit breaker* dan atau *fuse*. Dengan menggunakan *circuit breaker* dan atau *fuse* beban lebih dimana arus yang melewati kabel melebihi 1,3 kali dari rating arus maka dalam waktu 1 menit aliran listrik akan diputus oleh *circuit breaker* atau *fuse*.

3.6 Persyaratan Steker dan Konektor Kendaraan

Steker dan konektor kendaraan merupakan bagian penting dalam pengisian baterai pada kendaraan oleh *charger*. Steker berfungsi sebagai penghubung kabel *charger* dengan sumber energi sedangkan konektor kendaraan menghubungkan kabel charger dengan *inlet* kendaraan.

IEC 62196 mengatur ketentuan sebuah steker dan konektor kendaraan. Bagian ini berlaku untuk peralatan dengan rating tegangan tidak melebihi 480 V AC, frekuensi antara 50 Hz sampai dengan 60 Hz, dan rating arus tidak melebihi 63 A untuk sistem tiga fasa atau 70 A untuk sistem satu fasa. Steker dan konektor kendaraan tersebut dimaksudkan bekerja pada suhu lingkungan antara -30°C sampai dengan 50°C.



Gambar 3. 9 Koneksi steker-stop kontak dan konektor-*inlet* kendaraan [12]

Pemilihan steker dan konektor kendaraan yang tepat akan mendukung performa dan tingkat keamanan peralahan dan pengguna. Dalam memilih peralatan perlu diperhatikan rating peralatan tersebut. Rating tegangan untuk steker dan konektor kendaraan pada sistem AC

adalah 250 V dan 480 V serta 30 V yang digunakan khusus untuk tujuan kontrol. Sedangkan untuk rating arus steker dan konektor kendaraan pada sistem AC adalah 16 A, 20 A, 30 A atau 32 A, 60 A atau 63 A yang dapat digunakan pada sistem satu fasa maupun tiga fasa serta 70 A khusus digunakan untuk sistem satu fasa.

Setiap peralatan termasuk steker dan konektor kendaraan harus diberi penanda. Dalam hal ini tanda-tanda yang perlu dicantumkan pada steker dan konektor kendaraan adalah sebagai berikut.

1. Rating arus dalam ampere (A)
2. Rating tegangan maksimum dalam voltage (V)
3. Simbol yang menunjukkan tingkat proteksi
4. Nama atau merek dagang pabrik atau vendor

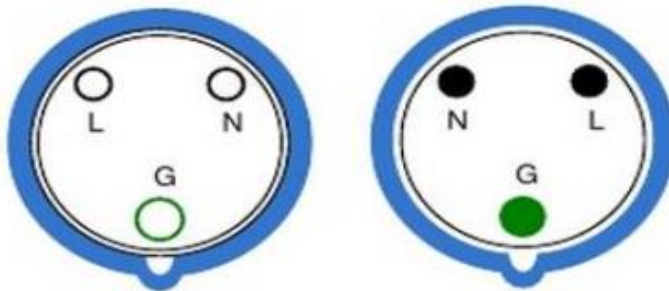
3.6.1 Koneksi Konektor dengan Kendaraan Listrik

Koneksi antara konektor dan kendaraan listrik harus diperhatikan dengan baik. Konektor dan *inlet* kendaraan harus dipastikan sesuai sehingga dapat melakukan pengisian energi dengan optimal. Urutan koneksi antar pin konektor dibuat sedemikian sehingga pin PE terhubung lebih dulu dan yang terakhir adalah pin *control pilot*. Untuk pin L1,L2,L3 dan N tidak ada ketentuan. Hal ini dilakukan untuk alasan keamanan. Pin konektor dan kendaraan dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 3. 11 Kode pin pada konektor kendaraan berdasarkan IEC 60309 dan IEC 62196

Nomor	IEC 60309	IEC 62196	Keterangan Fungsi
1	Satu fasa (15 A)	Tiga fasa (63A)	L1
2		Tiga fasa (63A)	L2
3		Tiga fasa (63A)	L3
4	Satu fasa (15 A)	Tiga fasa (63A)	N
5			PE
6			Control Pilot
7			Proximity

Konektor kendaraan dibedakan menjadi dua jenis yaitu konektor *male* dan konektor *female*. Pada IEC 60390 dijelaskan bentuk konektor *male* dan konektor *female* serta perbedaan konektor *slow charging* (satu dasa) dan konektor *fast charging* (tiga fasa).



Gambar 3. 10 Pin pada konektor *male* dan *female* satu fasa [13]



Gambar 3. 11 Pin konektor tiga fasa [13]

3.6.2 Tingkat Proteksi terhadap benda padat dan cair

Tingkat proteksi steker dan konektor kendaraan dibedakan berdasarkan lokasi pemasangan dan kondisi ketika penggunaan steker dan konektor tersebut. Berikut adalah nilai tingkat proteksi steker dan konektor kendaraan berdasarkan tempat dan kondisi pemasangannya.

Tabel 3. 12 Tingkat IP steker dan konektor kendaraan berdasarkan tempat operasi

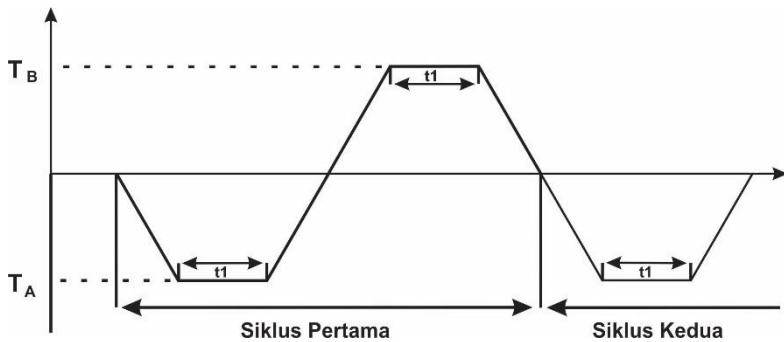
Tempat	Kondisi	Tingkat Proteksi
<i>Indoor</i>	<i>Inlet</i> kendaraan terhubung dengan konektor	IP21
	Steker terhubung dengan <i>outlet</i> stopkontak	IP21
	Konektor yang tidak terhubung dengan kendaraan	IP 21
<i>Outdoor</i>	<i>Inlet</i> kendaraan terhubung dengan konektor	IP44
	Sterker terhubung dengan <i>outlet</i> stopkontak	IP44
	Konektor yang tidak terhubung dengan kendaraan	IP24

Catatan : Pengujian tingkat proteksi sesuai dengan 3.4.3.2 dan 3.4.3.3

3.7 Uji Kondisi Lingkungan (*Environmental Test*) terhadap Peralatan *Charger* [13]

3.7.1 Uji Ketahanan terhadap Perubahan Temperatur Lingkungan

Peralatan *charger* didesain untuk bekerja pada temperatur lingkungan antara 0°C sampai dengan 55°C. Sehingga pengujian pada temperatur kerja peralatan *charger* perlu dilakukan. Pengujian terhadap temperatur lingkungan dilakukan berdasarkan IEC 60068-2-14.



Gambar 3. 12 Siklus pengujian terjhadap temperatur lingkungan

Pengujian ini dilakukan dimana peralatan *charger* bekerja pada kondisi beban maksimum sesuai dengan rating. Pengujian ini dilakukan dalam 2 siklus dengan waktu pada masing-masing siklus pengujian adalah 2 jam. Pada *thermal chamber* diatur perubahan temperatur sehingga temperatur terendah (T_A) adalah 0°C selama 1 jam dan temperatur tinggi (T_B) adalah 55°C adalah 1 jam. Laju berubah temperatur maksimum selama siklus pengujian adalah 1°C per menit. Selama pengujian daya dan arus output diukur secara berkala.

Catatan 1 : setelah pengujian arus dan daya output sesuai dengan spesifikasi.

Catatan 2 : setelah pengujian dilakukan pengukuran tahanan isolasi.

3.7.2 Dry Heat Test

Pengujian dilakukan berdasarkan IEC 60068-2-2. Pengujian ini dilakukan dimana peralatan *charger* bekerja pada kondisi beban maksimum dengan temperatur 55°C dan kelembaban lebih kecil dari 50% selama 16 jam. Selama pengujian daya dan arus output diukur secara berkala.

Catatan 1: setelah pengujian *dry heat test* arus dan daya output sesuai dengan spesifikasi.

Catatan 2 : setelah pengujian dilakukan pengukuran tahanan isolasi.

3.7.3 Damp Heat Test

Peralatan *charger* didesain untuk bekerja optimal pada kelembaban 5% - 95%. Pengujian *damp heat test* dilakukan berdasarkan IEC 60068-

2-30. Pengujian ini dilakukan dimana peralatan *charger* bekerja pada kondisi beban maksimum dengan temperatur 55°C dan kelembaban 95%. Pengujian dilakukan selama 24 jam dalam 6 siklus. Selama pengujian daya dan arus output diukur secara berkala.

Catatan 1 : satu menit setelah pengujian *damp heat test* dilakukan pengujian tahanan isolasi.

Catatan 2 : setelah pengujian *damp heat test* arus dan daya *output* sesuai dengan spesifikasi.

3.7.4 Uji Temperatur Rendah (Cold Test)

Pengujian temperatur rendah atau *cold test* dilakukan berdasarkan IEC 60068-2-1. Pengujian ini dilakukan dimana peralatan *charger* bekerja pada kondisi beban maksimum pada temperatur kerja minimum yaitu 0°C selama 16 jam. Selama pengujian daya dan arus *output* diukur secara berkala.

Catatan 1: setelah pengujian *colt test* arus dan daya *output* sesuai dengan spesifikasi.

Catatan 2: setelah pengujian dilakukan pengukuran tahanan isolasi.

3.8 Electromagnetic environmental Tests

Peralatan *charger* kendaraan listrik akan dinyatakan aman apabila telah melewati *electromagnetic environmental test*. Beberapa kriteria performa selama pengujian dan setelah pengujian penting untuk disediakan oleh produsen. Berikut beberapa kriteria performa charger setelah melewati pengujian EMC [14].

1. Kriteria performa A

Peralatan akan bekerja sebagaimana mestinya tanpa penurunan performa atau kehilangan fungsi di bawah performa yang di tentukan oleh produsen ketika peralatan dioperasikan dengan benar. Dalam beberapa kasus performa dapat digantikan dengan *permissible performance loss* sesuai dengan ketentuan produsen. Apabila produsen tidak menyediakan *permissible performance loss* maka akan dijelaskan dalam deskripsi produk dan dokumentasi.

2. Kriteria performa B

Setelah pengujian peralatan akan bekerja sebagaimana mestinya tanpa penurunan performa atau kehilangan fungsi di bawah performa yang di tentukan oleh produsen ketika peralatan dioperasikan dengan benar. Dalam beberapa kasus

performa dapat digantikan dengan *permissible performance loss* sesuai dengan ketentuan produsen. Selama pengujian penurunan performa diperbolehkan. Apabila produsen tidak menyediakan *permissible performance loss* maka akan dijelaskan dalam deskripsi produk dan dokumentasi.

3. Kriteria performa C

Hilangnya fungsi untuk sementara diperbolehkan tetapi fungsi tersebut dapat dikembalikan dengan pengoperasian kontrol pada peralatan.

3.8.1 Imunitas terhadap Gangguan Frekuensi Rendah

Pengujian ini dilakukan dengan memberikan beban resistif pada bagain output charger. Pengujian terhadap gangguan frekuensi rendah dibagi menjadi 2 bagian, yaitu:

1. Harmonisa tegangan suplai

Peralatan charger AC yang terhubung dengan jaringan listrik akan mengalami harmonisa tegangan dari jaringan listrik dengan frekuensi antara 50 Hz – 2 kHz yang terjadi akibat beban nonlinier yang terhubung ke jaringan listrik.

Catatan : kriteria performa A untuk *charging function*.

2. *Voltage dip* dan *voltage interruption* jaringan listrik

Voltage dip dan *voltage interruption* terjadi akibat adanya gangguan pada jaringan listrik. Syarat minimum terjadinya *Voltage dip* dan *voltage interruption* dibagi menjadi tiga, yaitu penurunan tegangan sebesar 30% dari tegangan nominal selama 10 ms, penurunan tegangan sebesar 50% dari tegangan nominal selama 100ms dan penurunan tegangan lebih besar dari 95% selama 5 s.

Catatan : kriteria performa B untuk *charging function*.

3.8.2 Imunitas terhadap Gangguan Frekuensi Tinggi

Pengujian ini dilakukan dengan memberikan beban resistif pada bagain output charger. Pengujian terhadap gangguan frekuensi rendah dibagi menjadi 2 bagian, yaitu:

1. *Fast transient burst*

Peralatan charger AC yang terhubung dengan jaringan listrik akan menahan gangguan yang disebabkan oleh *switching* beban induktif dan *switching* switchgear tegangan tinggi. Level gangguan diatur dalam IEC 61000-4-4. Nilai minimal

menurut IEC 61000-4-4 adalah 2 kV. Pengujian dilakukan terhadap kabel, sinyal I/O dan kabel kontrol dimana untuk sinyal I/O dan kabel kontrol level tegangan dibagi dua.

Catatan : kriteria performa B untuk *charging function*.

2. Tegangan surja

Peralatan charger AC yang terhubung dengan jaringan listrik akan menahan tegangan surja yang disebabkan oleh fenomena *switching* pada jaringan listrik dan sambaran tidak langsung oleh petir. Nilai minimal tegangan surja adalah 2 kV pada mode *common* dan 1 kV pada mode diferensial. Pengujian dilakukan pada kabel dimana peralatan charger terhubung dengan beban resistif .

Catatan : kriteria performa C untuk *charging function*.

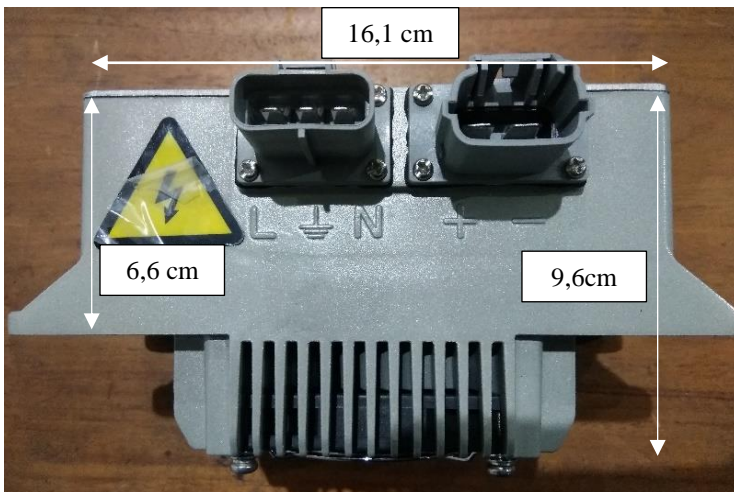
BAB 4

PENGECEKAN DAN PENGUJIAN PERALATAN CHARGER DAN ANALISIS TERHADAP PERBANDINGAN NILAI DENGAN KETENTUAN STANDAR

Pada bab ini membahas mengenai hasil pengecekan dan pengujian peralatan *charger*. Hasil tersebut kemudian dibandingkan dengan standar yang telah disusun. Dengan demikian, pada akhirnya dapat disimpulkan bahwa *charger* tersebut telah sesuai dengan standar performa dan keselamatan peralatan *charger*.

4.1 Pengecekan dan Pengujian Charger

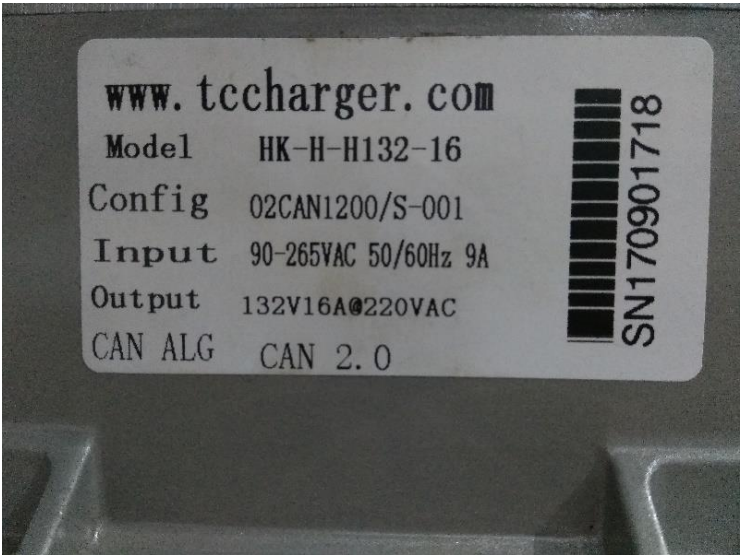
Pengecekan dan pengujian dilakukan terhadap *charger* tipe HK-H dari TC charger. Charger ini dikategorikan sebagai *charger* AC satu fasa mode 1 karena rating arus dan tegangan *output* pada *charger* ini masing-masing adalah 16 A dan 132 V DC ketika tegangan *input* 220 V AC. *Charger* dengan model HK-H-H132-16 ini bekerja pada frekuensi 50 Hz dan 60 Hz. Pengecekan dan pengujian *charger* dilakukan di *workshop* MOLINA ITS.



Gambar 4. 1 *Charger* tipe HK-H-H123-16

4.1.1 Pengecekan Tanda (*Marking*) Charger

Pengecekan tanda (*marking*) *charger* dilakukan pada *nameplate charger* HK-H-H132-16. *Nameplate charger* dapat dilihat dengan jelas tanpa harus menggunakan alat bantu. Hal tersebut sesuai dengan standar yang telah disusun.



Gambar 4. 2 Name plate *charger*

Pada pengecekan ini tanda yang tertera di nameplate kemudian dibandingkan dengan persyaratan tanda yang ditentukan dengan standar yang telah disusun. Barikut hasil pengecekan tanda pada *nameplate charger* sesuai dengan standar.

Tabel 4. 1 Kelengkapan tanda *charger*

No.	Tanda	Standar Acuan	(X/√)	Keterangan
1	Nama atau merek dagang atau tanda khusus produsen	IEC 61851-1	√	TC Charger
2	Nomor indentifikasi		√	HK-H-H123-16

No.	Tanda	Standar Acuan	(X/√)	Keterangan
3	Tanda "indoor use only" atau yang setara jika dimaksudkan untuk penggunaan di dalam ruangan	IEC 61851-1	X	Dapat digunakan di luar ruangan
4	Tanggal pembuatan		X	Tidak dicantumkan
5	Jenis arus		√	<i>Input</i> AC <i>Output</i> DC
6	Frekuensi dan fasa untuk AC <i>charger</i>		√	50 Hz / 60 Hz
7	Rating tegangan		√	<i>Input</i> 90-265 V <i>Output</i> 132 V
8	Rating arus		√	16 A
9	Tingkat proteksi		X	Tidak dicantumkan

Berdasarkan hasil pengecekan terhadap *nameplate charger* terdapat beberapa tanda telah dicantumkan dengan baik tetapi terdapat dua tanda yang tidak dicantumkan. Tanda tersebut adalah tanggal pembuatan dan tingkat proteksi *charger*. Tanda tersebut perlu dicantumkan pada *nameplate* sehingga konsumen atau pengguna (*user*) dapat mengetahui dan menggunakan *charger* pada kondisi sebagaimana mestinya.

Setelah melakukan pengecekan tanda pada *nameplate charger* selanjutnya dilakukan pengujian ketahanan tanda dengan dengan menggosok tanda dengan kain yang telah direndam pada air dan kan yang direndam pada petroleum. Berdasarkan hasil pengujian tanda pada *nameplate* dapat dibaca dengan baik setelah digosok dengan kain yang di rendam di dalam air, sedangkan setelah digosok dengan kain yang di rendam pada petroleum tanda pada *nameplate* perlahan menghilang. Berdasarkan standar yang telah disusun tanda pada *nameplate charger* tidak memenuhi syarat karena tidak dapat bertahan setelah pengujian ketahanan. Tanpa alat bantu penglihatan tanda tidak dapat dibaca dengan

jas. Dalam hal ini perlu dilakukan pembuatan tanda yang lebih tahan sehingga ketika terkena kontaminan tanda tidak hilang dengan mudah.

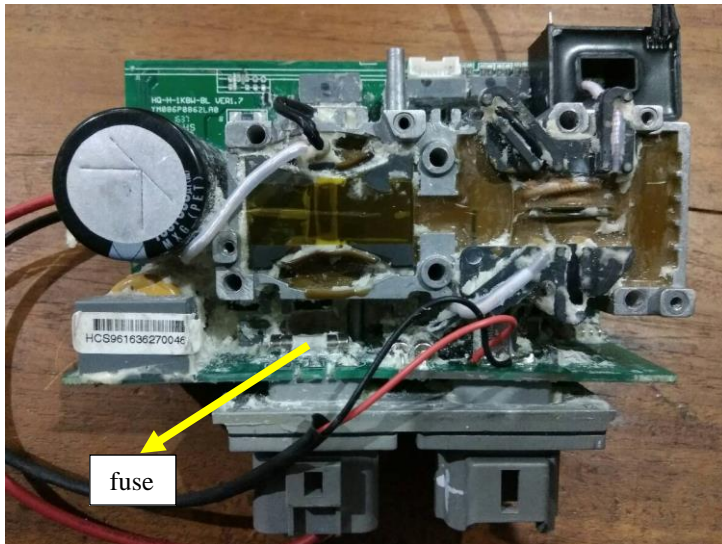
4.1.2 Pengecekan Peralatan *Swicthing* mekanik dan Proteksi Kegagalan

Peengecekan kelengkapan peralatan *switching* mekanik dan proteksi dilakukan berdasarkan standar yang telah disusun. Kelengkapan peralatan *switching* mekanik dan proteksi yanng diperiksa adalah peralatan yang terdapat di dalam *charger* dan peralatan di luar *charger* pada saat *charger* digunakan. Hasil pengecekan kelengkapan peralatan peralatan *switching* mekanik dan proteksi kegagalan dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 4. 2 Peralatan *switching* mekanik dan proteksi kegagalan

No.	Item	Standar Acuan	(X/√)	Keterangan
1	<i>Switch dan disconnect switch</i>	IEC 61851-1	X	Tidak tersedia
2	Kontaktor		X	Tidak tersedia
3	<i>Circuit breaker</i>		X	Tidak tersedia
4	Fuse		√	Fuse keramik
5	Pemutus darurat		X	Tidak tersedia

Peralatan *charger* yang digunakan untuk mengisi baterai motor listrik di *workshop* MOLINA tidak dilengkapi dengan peralatan *switch* dan *disconnect switch*, kontaktor maupun pemutus darurat. Peralatan proteksi yang digunakan adalah fuse. Berdasarkan standar yang telah disusun peralatan *switching* mekanik tersebut hasus dimiliki dalam sistem pengisian baterai. Apabila tidak terdapat pada *charger* maka peralatan *switching* dapat dipasang pada sistem di luar *charger*.



Gambar 4. 3 Fuse pada *charger*

4.1.3 Pengecekan Tingkat IP (*Ingress Protection*) *Charger*

Pada spesifikasi *charger* dijelaskan bahwa tingkat IP *charger* tipe HK-H-H123-16 adalah IP67. Enam sebagai angka pertama pada nilai tingkat IP menyatakan bahwa *charger* adalah peralatan kedap debu. Pengujian IP dengan nilai enam pada angka pertama dapat dilakukan dengan memasukkan peralatan kedalam ruang debu (*dust chamber*). Setelah pengujian berdasarkan IEC 60529 dilakukan tidak ada debu yang masuk melalui *enclosure charger*. Pada standar yang telah disusun nilai minimum tingkat IP angka pertama adalah empat pada penggunaan di dalam dan luar ruangan. Dengan nilai IP angka pertama adalah enam maka *charger* tipe HK-H-H123-16 telah memenuhi syarat ketahanan terhadap benda padat.

Angka kedua pada IP *charger* adalah tujuh. Berdasarkan angka ini maka *charger* dinyatakan telah lolos dari pengujian dimana *charger* direndam di dalam tangki berisi air selama 30 menit dengan kondisi berdasarkan IEC 60529. Pada standar yang telah disusun nilai minimum tingkat IP untuk angka kedua adalah satu untuk penggunaan di dalam ruangan dan empat untuk penggunaan di luar ruangan. Sehingga *charger*

tipe HK-H-H123-16 dinyatakan memenuhi standar ketahanan terhadap benda cair.

4.1.4 Pengukuran Tahanan Isolasi *Charger*

Pengukuran tahanan isolasi dilakukan berdasarkan standar yang telah disusun. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan mega ohm meter tipe MIT400. *Charger* diberikan tegangan sebesar 500 V DC selama 1 menit kemudian tahanan isolasi yang terbaca pada alat ukur dicatat sebagai tahanan isolasi *charger*. Berikut adalah hasil pengukuran tahanan isolasi *charger*.

Tabel 4. 3 Tahanan isolasi *charger*

Koneksi konduktor	Standar Acuan	Tegangan Uji (V)	Tahanan isolasi (GΩ)
Konduktor L terhadap enclosure	IEC 61851-1	552	4,95
Konduktor PE terhadap enclosure		551	0
Konduktor N tergadap enclosure		551	5,1
Konduktor DC positif terhadap enclosure		551	7,3
Konduktor DC negatif terhadap enclosure		551	7,6

Berdasarkan standar yang telah disusun nilai tahanan isolasi minimum yang diizinkan untuk secuah *charger* adalah 1 MΩ untuk *charger* kelas I dan 7 MΩ untuk *charger* kelas II. Hasil pengukuran tahanan isolasi menunjukkan nilai lebih besar dari nilai minimum standar. Berdasarkan hasil pengukuran tahanan isolasi *charger* maka dapat dinyatakan bahwa charger tipe HK-H-H123-16 telah memenuhi standar.

4.2 Pengecekan dan Pengujian Kabel *Charger*

Kabel yang digunakan dalam pengujian ini adalah kabel jenis NYHHY dengan ukuran konduktor 3 x 2,5 mm² dan rating tegangan 450/750 V. Sebelum pengujian dilakukan sampel kabel diberi kondisi tertentu seperti diatur dalam standar. Pengecekan dan pengujian kabel

charger dilakukan di laboratorium tegangan tinggi departemen teknik elektro ITS.



Gambar 4. 4 Kabel NYHY 3 x 2,5 mm²

4.2.1 Pengecekan Tanda (*Marking*) Kabel Charge

Pengecekan tanda dilakukan terhadap kabel NYHY. Pengecekan dilakukan berdasarkan standar yang telah disusun. Kelengkapan tanda pada kabel disesuaikan dengan standar. Tanda pada kabel NYHY dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 4. 5 Tanda pada kabel NYHY

Hasil pengecekan tanda terhadap kabel NYHHY kemudian disajikan dalam sebuah tabel. Pada tabel 4.4 berikut dapat dilihat kelengkapan tanda yang terdapat pada kabel NYHHY.

Tabel 4. 4 Kelengkapan tanda kabel *charger*

No.	Tanda	Standar Acuan	(X/√)	Keterangan
1	Nama atau tanda khusus produsen	IEC 61851-1	√	SUPREME CABEL
2	Nomor indentifikasi		X	Tidak dicantumkan
3	Rating tegangan		√	450/750 V
4	Rating arus		X	Tidak dicantumkan
5	Fasa		X	Tidak dicantumkan
6	Tingkat proteksi		X	Tidak dicantumkan

Kelengkapan tanda yang terpenuhi berdasarkan standar yang telah disusun pada kabel NYHHY untuk keperluan kabel *charger* adalah nama atau tanda khusus produsen dan tegangan rating kabel. Sedangkan nomor identifikasi, rating arus, fasa dan tingkat proteksi tidak dicantumkan pada tanda tersebut. Berdasarkan standar yang telah disusun tanda-tanda tersebut seharusnya dicantumkan pada kabel sehingga pengguna (*user*) dapat dipermudah dalam pemilihan kabel. Tetapi meskipun tanda tersebut tidak dicantumkan pengguna dapat melihat *data sheet* kabel sebelum memilih kabel. Fasa dapat dilihat dari jumlah konduktor kabel. Kabel NYHHY 3 x 2,5 mm² merupakan kabel 1 fasa. Sedangkan rating arus kabel tersebut adalah 20 A.

Setelah melakukan pengecekan tanda pada kabel *charger* selanjutnya dilakukan pengujian ketahanan tanda dengan dengan menggosok tanda dengan kain yang telah direndam pada air dan kan yang direndam pada petroleum. Berdasarkan hasil pengujian tanda pada kabel dapat dibaca dengan baik setelah digosok dengan kain yang di rendam di dalam air, sedangkan setelah digosok dengan kain yang di rendam pada petroleum tanda pada kabel perlahan menghilang. Berdasarkan standar yang telah disusun tanda pada kabel *charger* tidak memenuhi syarat

karena tidak dapat bertahan setelah pengujian ketahanan. Tanpa alat bantu penglihatan tanda tidak dapat dibaca dengan jelas. Dalam hal ini perlu dilakukan pembuatan tanda yang lebih tahan sehingga ketika terkena kontaminan tanda tidak hilang dengan mudah.

4.2.2 Pengecekan Dimensi dan Manajemen Kabel *Charger*

Kabel yang digunakan pada sistem pengisian baterai kendaraan listrik di *workshop* MOLINA adalah jenis NYHY dengan ukuran 3 x 2,5 mm² dengan rating tegangan 450/750 V pada bagian *input charger* sedangkan pada bagian *output* digunakan kabel dengan ukuran 2 x 2,5 mm². Kabel ini mampu menghantarkan arus 20 A. Kabel NYHY dengan diameter 2,5 mm² adalah pilihan yang tepat untuk kabel *charger* karena kabel NYHY merupakan kabel yang fleksibel dan cocok digunakan di dalam maupun di luar ruangan.

Panjang kabel yang digunakan dalam pengisian baterai di *workshop* MOLINA adalah 2 m. Pada IEC 61851-1 dinyatakan syarat untuk panjang maksimum kabel *charger* adalah tergantung pada kode regulasi nasional. Sehingga kabel yang digunakan di *workshop* MOLINA tidak dapat dikatakan telah memenuhi syarat atau tidak karena belum ada regulasi yang mengatur.

4.2.3 Pengukuran Tahanan Isolasi Kabel

Sampel kabel dengan rating 450/750 V pada pengukuran tahanan isolasi terlebih dahulu dipanaskan menggunakan oven selama 2 jam dengan temperatur 90°C. Setelah dikeluarkan dari oven kabel kemudian diukur tahanan isolasinya dengan menggunakan mega ohm meter. Hasil pengukuran tahanan isolasi dicatat setelah memberikan tegangan sebesar 527 V terhadap konduktor kabel selama 1 menit. Hasil pengukuran tahanan isolasi kabel ditunjukkan dalam tabel berikut.

Tabel 4. 5 Hasil pengujian tahanan isolasi kebel pada setiap fasa

Warna kabel	Standar Acuan	Nilai minimum (MΩ)	Hasil pengijian (GΩ)
Biru	PUIL 2011	≥0,5	376
Coklat		≥0,5	405
Kuning Hijau		≥0,5	405

Tabel 4. 6 Hasil pengujian tahanan isolasi antar fasa

Warna kabel	Standar Acuan	Nilai minimum (M Ω)	Hasil pengujian (G Ω)
Biru – Coklat	PUIL 2011	$\geq 0,5$	439
Coklat – Kuning Hijau		$\geq 0,5$	500
Biru – Kuning Hijau		$\geq 0,5$	500

Berdasarkan pengujian diperoleh nilai tahanan isolasi yang relatif tinggi seperti ditunjukkan pada tabel 4.5 dan tabel 4.6 diatas. Hasil pengukuran tahanan isolasi menunjukkan bahwa nilai tahanan isolasi kabel yang baik karena melebihi dari standar minimum yang ditetapkan. Dengan demikian kabel NYHY dinyatakan telah memenuhi standar berdasarkan tahanan isolasi sesuai dengan standar yang telah disusun.

4.2.4 Hasil Uji Tegangan pada *Complete Cable*

Pengujian tegangan tinggi terhadap sampel kabel dilakukan dengan memberi tegangan tinggi AC dan DC. Tegangan tinggi AC dan DC tersebut dibangkitkan dengan rangkaian pembangkit tegangan tinggi. Tegangan tinggi yang dibangkitkan kemudian diberikan terhadap sampel kabel. Salah satu kutub dihubungkan dengan 3 konduktor kabel yang telah digabung (*short*) sedangkan kutub yang lain dihubungkan dengan selubung kabel. Tegangan tinggi AC dan DC diberikan terhadap sampel masing-masing selama 5 menit. Setelah 5 menit tegangan diberikan kemudian diperhatikan apakah terjadi *breakdown* pada sampel kabel. Breakdown dapat ditandai dengan adanya suara dari sampel pengujian atau tegangan pada pembangkit tegangan tinggi tiba-tiba turun. Berikut adalah hasil pengujian tegangan pada *complete cable*.

Tabel 4. 7 Hasil pengujian tegangan pada *complete cable*

Sumber tegangan	Rating tegangan kabel	Tegangan uji	Breakdown / Tidak	Tegangan breakdown
AC	450/750 V	2443 V	Tidak	-
DC	450/750 V	5022 V	Tidak	-

Ketika dilakukan pengujian dengan memberikan tegangan AC maupun DC tidak terjadi *breakdown*. Dari hasil pengujian tersebut dapat disimpulkan bahwa kabel dalam kondisi baik karena mampu menahan tegangan tinggi AC dan DC tanpa mengalami *breakdown* sesuai dengan syarat yang diatur dalam standar IEC 62893-1. Berdasarkan pengujian tegangan tinggi ini kabel NYHY dengan rating tegangan 450/750 V telah memenuhi syarat sesuai dengan standar yang telah disusun. Berikut adalah gambar pengujian tegangan tinggi AC dan DC terhadap kabel.



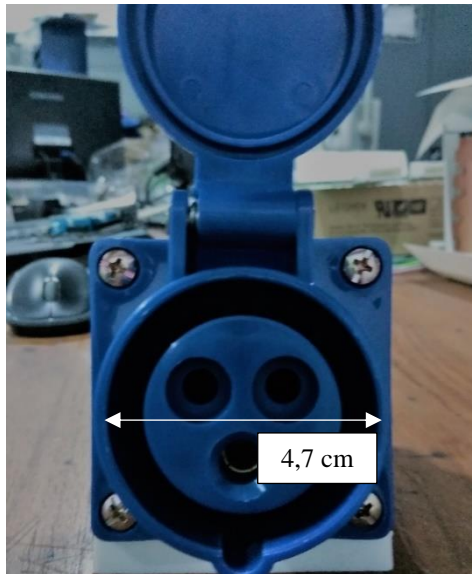
Gambar 4. 6 Sampel kabel pada pengujian tegangan AC dan DC



Gambar 4. 7 Pengujian sampel kabel dengan tegangan tinggi DC

4.3 Pengecekan Steker dan Konektor Kendaraan

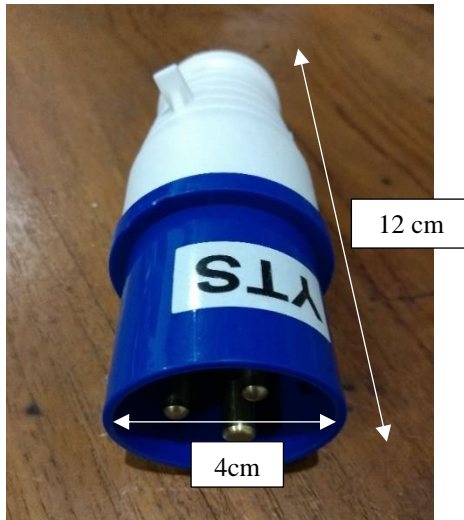
Pengecekan steker dan konektor kendaraan dilakukan di *workshop* MOLINA ITS. Pengecekan dilakukan terhadap steker dan konektor 1 fasa sesuai dengan spesifikasi *charger* yang digunakan. Bentuk dan posisi masing-masing pin pada steker dan konektor dibandingkan dengan standar yang telah disusun dimana standar tersebut mengacu pada standar AIS 138 bagian pertama. Berikut adalah gambar steker, konektor *male* dan konektor *female* kendaraan listrik 1 fasa.



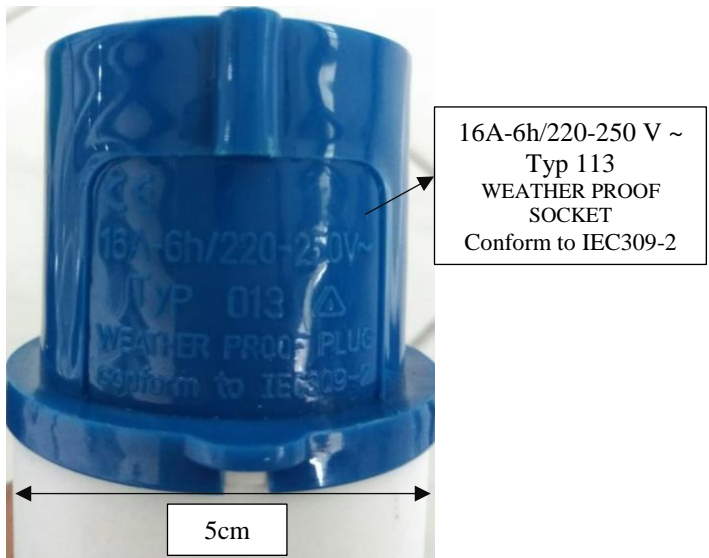
Gambar 4. 8 Konektor *female*



Gambar 4. 9 Spesifikasi konektor *female*



Gambar 4. 10 Konektor male



Gambar 4. 11 Spesifikasi konektor male

Berdasarkan gambar diatas bentuk dan pin steker dan konektor kendaraan dapat dinyatakan sesuai dengan standar yang telah disusun. Konektor tersebut memiliki 3 pin dimana masing-masing pin tersebut adalah pin *line* (L), pin netral (N) dan pin pentenahan (G). Posisi masing-masing pin sesuai dengan standar yang telah disusun. Selanjutnya hal yang perlu diperhatikan dari konektor tersebut adalah kesesuaian konektor dengan sistem pengisian yang digunakan pada *charger*. Kesesuaian tersebut dapat dilihat dari *nameplate* konektor. Berikut adalah hasil pengecekan nameplate konektor 1 fasa.

Tabel 4. 8 Hasil pengecekan *nameplate* konektor

No.	Tanda	Standar Acuan	(X/√)	Keterangan
1	Nama atau tanda khusus produsen	IEC 62196-1	X	Tidak dicantumkan
2	Tipe		√	113
3	Rating tegangan		√	220V – 250V
4	Rating arus		√	16 A
6	Tingkat proteksi		X	Tidak dicantumkan

Pada *nameplate* steker dan konektor tersebut terdapat 3 tanda yang memenuhi sebagaimana diatur didalam standar yang telah disusun. Tanda tersebut adalah tipe, rating arus dan rating tegangan. Sistem pengisian di workshop MOLINA menggunakan sumber tegangan 220 V. Dengan rating daya *charger* adalah 1,8 kW maka dapat diasumsikan arus yang melewati konektor tersebut adalah tidak lebih dari 8.2 A. Konektor tersebut merupakan pilihan yang tepat untuk digunakan pada sistem pengisian baterai di workshop MOLINA apabila dilihat dari tingkat keamanan terhadap tegangan dan arus.

Beberapa tanda yang tidak dicantumkan adalah nama atau tanda khusus perusahaan dan tingkat produksi. Berdasarkan standar yang telah disusun tanda-tanda tersebut seharusnya dicantumkan pada *nameplate*. Pada *nameplate* dituliskan “*weather proof socket*” dan “*weather proof plug*” tetapi walaupun demikian tidak diketahui tingkat proteksi konektor tersebut.

Setelah melakukan pengecekan tanda pada konektor selanjutnya dilakukan pengujian ketahanan tanda dengan dengan menggosok tanda dengan kain yang telah direndam pada air dan kan yang direndam pada petroleum. Berdasarkan hasil pengujian tanda tidak mengalami perubahan setelah digosok dengan kain yang direndam di dalam air maupun dengan kain yang direndam didalam petroleum.

4.4 Performa *Charger* pada Kondisi Temperatur Lingkungan

Pengujian ini dilakukan dengan memasukkan charger kedalam *thermal chamber*. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik arus dan daya *output charger* ketika bekerja pada kondisi temperatur dan kelembaban yang berubah-ubah. Pengujian ini dilakukan sesuai dengan standar yang telah disusun dan dilakukan di *workshop* MOLINA ITS.

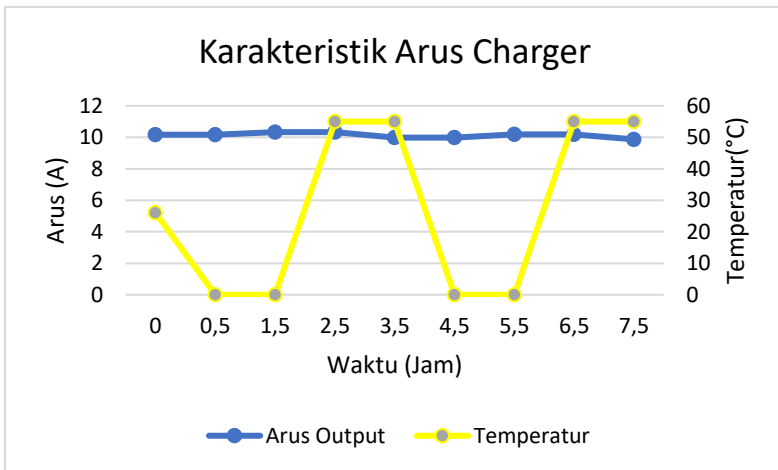
4.4.1 Hasil Pengujian terhadap Perubahan Temperatur Lingkungan

Pengujian ini dilakukan dengan perubahan temperatur antara 0°C sampai dengan 55°C. *Charger* dimasukkan kedalam *thermar chamber* kemudian temperatur *thermal chamber* diatur sehingga sesuai dengan standar yang disusun untuk pengujian pada perubahan temperatur. Pengujian dilakukan dalam 2 siklus. Masing-masing siklus dimulai pada temperatur 0°C dan berakhir pada temperatur 55°C. Pengukuran arus dan daya *output charger* dilakukan secara berkala, setiap satu jam setelah berada didalam dalam suatu temperatur tertentu. Tabel 4.9 merupakan hasil pengukuran terhadap arus dan daya *charger* pada sisi *input* dan *output*.

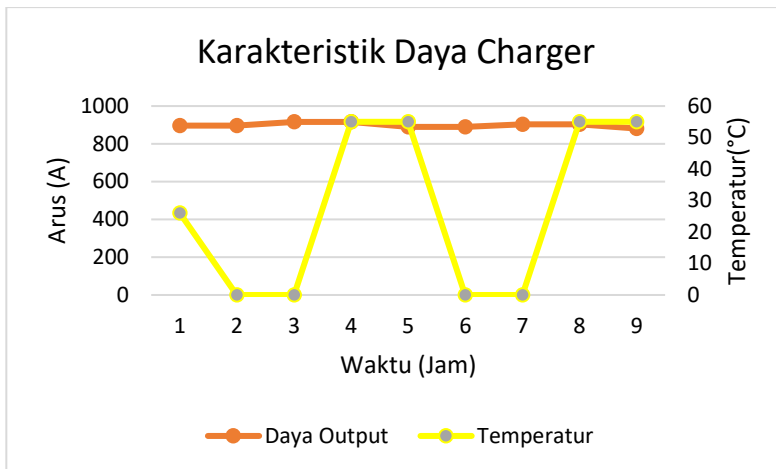
Tabel 4. 9 Karakteristik *output charger* pada perubahan temperatur

Siklus ke-	Jam ke-	Arus (A)		Daya <i>Output</i> (W)	
		<i>Input</i>	<i>Output</i>	<i>Input</i>	<i>Output</i>
0	0	4,2	10,16	924	896
1	1,5	4,4	10,33	968	916
	3,5	4,3	9,99	946	889
2	5,5	4,3	10,19	946	904
	7,5	4,3	9,87	946	881

Pada tabel di atas dapat dilihat bahwa terjadi perubahan arus dan daya *output* ketika charger berada pada kondisi temperatur yang berbeda-beda. Arus dan daya *output* charger tertinggi terjadi ketika charger pada kondisi didinginkan pada temperatur 0°C pada siklus pertama. Sedangkan arus dan daya *output* charger terendah terjadi ketika charger pada kondisi dipanaskan pada temperatur 55°C. Berdasarkan hasil yang diperoleh charger dinyatakan memenuhi syarat karena perubahan arus dan daya *output* relatif kecil. Arus *output* tidak mencapai arus maksimum charger karena pada BMS arus masuk baterai diatur pada nilai tertentu dimana tidak mencapai arus maksimum baterai. Kenaikan dan penurunan daya *output* charger lebih jelas dapat dilihat pada grafik dibawah ini.



(a)



Gambar 4. 12 Grafik karakteristik *output charger* pada pengujian perubahan temperatur. (a) Karakteristik arus *output* (b) Karekteristik daya *output*

Setelah pengukuran arus dan daya output dilakukan, pada akhir siklus pengujian ini dilakukan pengukuran tahanan isolasi charger. Berikut adalah hasil pengukuran tahanan isolasi chergeer setelah pengujian terhadap perubahan temperatur lingkungan.

Tabel 4. 10 Hasil pengukuran tahanan isolasi setelah pengujian perubahan temperatur

Koneksi konduktor	Standar Acuan	Tegangan (V)	Tahanan isolasi (GΩ)
Konduktor L terhadap enclosure	IEC 61851-1	551	0,514
Konduktor PE terhadap enclosure		551	0
Konduktor N tergapad enclosure		551	0,580
Konduktor DC positif terhadap enclosure		551	1,75
Konduktor DC negatif terhadap enclosure		551	1,84

Hasil pengukuran tahanan isolasi setelah pengujian relatif lebih rendah dibandingkan dengan hasil pengukuran pada 4.1.4 dimana *charger* tidak diberi perlakuan khusus. Dari hasil pengukuran ini dapat dilihat bahwa isolasi konduktor L terhadap *enclosure* berkurang drastis dibandingkan dengan tahanan isolasi konduktor lain terhadap *enclosure*. Berdasarkan standar yang telah disusun hasil pengukuran tahanan isolasi *charger* dinyatakan memenuhi syarat karena lebih besar dari nilai tahanan isolasi minimum yang diatur pada standar.

4.4.2 Hasil Pengujian Performa *Charger* pada *Dry Heat Test*

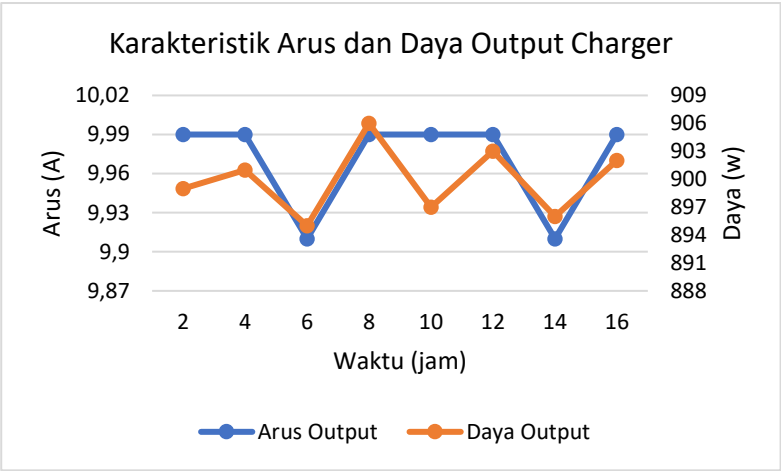
Berdasarkan standar pengujian *dry heat test* dilakukan pada temperatur 55°C dan kelembaban lebih kecil dari 50 %. *Charger* dimasukkan kedalam *thermar chamber* kemudian temperatur *thermal chamber* diatur sehingga sesuai dengan standar yang disusun untuk pengujian pada *dry heat test*. Pengujian ini dilakukan pada temperatur 55°C dan kelembaban 24,8%. Pengujian dilakukan selama 16 jam dalam 1 siklus. Pengukuran arus dan daya *output charger* dilakukan secara berkala yaitu setiap 2 jam. Tabel dibawah ini merupakan hasil pengukuran terhadap arus dan daya *charger* pada sisi *input* dan *output* selama pengujian.

Tabel 4. 11 Karakteristik *output charger* pada *dry heat test*

Waktu (jam)	Arus (A)		Daya Output (W)	
	<i>Input</i>	<i>Output</i>	<i>Input</i>	<i>Output</i>
2	4,4	9,99	968	899
4	4,4	9,99	968	901
6	4,4	9,91	968	895
8	4,4	9,99	968	906
10	4,4	9,99	968	897
12	4,4	9,99	968	903
14	4,4	9,91	968	896
16	4,4	9,99	968	902
16	4,5	9,99	990	899

Pada tabel diatas dapat dilihat tidak terjadi perubahan yang signifikan terhadap arus dan daya output *charger*. Berdasarkan hasil yang diperoleh *charger* dinyatakan memenuhi syarat karena arus dan daya *output* relatif

konstan. Kenaikan dan penurunan daya output charger dapat dilihat pada grafik dibawah ini.



Gambar 4. 13 Grafik karakteristik *output charger* pada pengujian *dry heat test* (55°C selama 16 jam)

Setelah pengukuran arus dan daya output dilakukan, pada akhir pengujian ini dilakukan pengukuran tahanan isolasi charger. Berikut adalah hasil pengukuran tahanan isolasi *cherger* setelah pengujian *dry heat test*.

Tabel 4. 12 Hasil pengukuran tahanan isolasi setelah pengujian *dry heat test*

Koneksi konduktor	Standar Acuan	Tegangan (V)	Tahanan isolasi (GΩ)
Konduktor L terhadap enclosure	IEC 61851-1	551	0,192
Konduktor PE terhadap enclosure		551	0
Konduktor N tergadap enclosure		551	0,226
Konduktor DC positif terhadap enclosure		551	0,869
Konduktor DC negatif terhadap enclosure		551	0,996

Hasil pengukuran tahanan isolasi setelah pengujian relatif lebih rendah dibandingkan dengan hasil pengukuran pada 4.1.4 dimana *charger* tidak diberi perlakuan khusus. Tetapi meskipun demikian, berdasarkan standar yang telah disusun hasil pengukuran tahanan isolasi *charger* dinyatakan memenuhi syarat karena lebih besar dari nilai tahanan isolasi minimum yang diatur pada standar.

4.4.3 Hasil Pengujian Performa *Charger* pada Temperatur Rendah

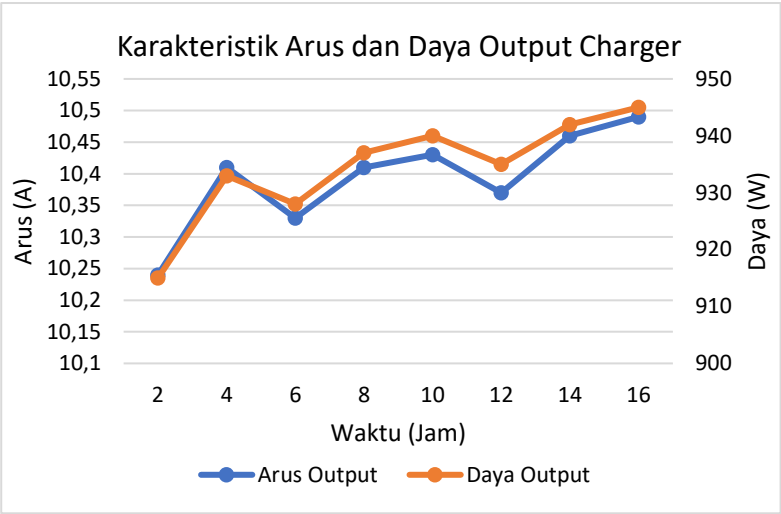
Pengujian ini dilakukan pada temperatur 0°C . *Charger* dimasukkan kedalam *thermar chamber* kemudian temperatur *thermal chamber* diatur sehingga sesuai dengan standar yang disusun untuk pengujian pada temperatur rendah (*cold test*). Pengujian dilakukan selama 16 jam dalam 1 siklus. Pengukuran arus dan daya *output charger* dilakukan secara berkala yaitu setiap 2 jam. Tabel dibawah ini merupakan hasil pengukuran terhadap arus dan daya *charger* pada sisi *input* dan *output* selama pengujian.

Tabel 4. 13 Arus dan daya pengujian pada temperatur rendah

Waktu (jam)	Arus (A)		Daya Output (W)	
	<i>Input</i>	<i>Output</i>	<i>Input</i>	<i>Output</i>
2	4,5	10,24	990	915
4	4,5	10,41	990	933
6	4,5	10,33	990	928
8	4,5	10,41	990	937
10	4,5	10,43	990	940
12	4,5	10,37	990	935
14	4,5	10,46	990	942
16	4,5	10,49	990	945

Pada tabel diatas dapat dilihat tidak terjadi perubahan yang signifikan terhadap arus dan daya *output charger*. Arus dan daya tertinggi terjadi ketika *charger* telah berada di dalam *thermal chamber* selama 16 jam. Sedangkan arus dan daya terendah terjadi pada pengukuran pertama ketika *charger* berada di dalam *thermal chamber* selama 2 jam. Berdasarkan hasil yang diperoleh *charger* dinyatakan memenuhi syarat karena arus dan daya *output* relatif konstan. Arus output tidak mencapai arus maksimum *charger* karena pada BMS arus masuk baterai diatur pada

nilai tertentu dimana tidak mencapai arus maksimum baterai. Kenaikan dan penurunan daya output charger dapat dilihat pada grafik dibawah ini.



Gambar 4. 14 Grafik karakteristik *output charger* pada pengujian temperatur rendah (0°C selama 16 jam)

Setelah pengukuran arus dan daya *output* dilakukan, pada akhir pengujian ini dilakukan pengukuran tahanan isolasi *charger*. Berikut adalah hasil pengukuran tahanan isolasi cherger setelah pengujian terhadap temperatur rendah.

Tabel 4. 14 Hasil pengukuran tahanan isolasi setelah pengujian pada temperatur rendah

Koneksi konduktor	Standar Acuan	Tegangan (V)	Tahanan isolasi (GΩ)
Konduktor L terhadap enclosure	IEC 61851-1	551	0,976
Konduktor PE terhadap enclosure		551	0
Konduktor N tergadap enclosure		551	4,3

Koneksi konduktor	Standar Acuan	Tegangan (V)	Tahanan isolasi (GΩ)
Konduktor DC positif terhadap <i>enclosure</i>	IEC 61851-1	551	4,4
Konduktor DC negatif terhadap <i>enclosure</i>		551	5,4

Hasil pengukuran tahanan isolasi setelah pengujian relatif lebih rendah dibandingkan dengan hasil pengukuran pada 4.1.4 dimana *charger* tidak diberi perlakuan khusus. Tetapi apabila dibandingkan dengan pengukuran tahanan isolasi setelah pengujian terhadap perubahan temperatur hasil yang didapat pada pengukuran tahanan isolasi ini relatif lebih tinggi. Dari hasil pengukuran ini tahanan isolasi *charger* dinyatakan memenuhi syarat berdasarkan standar yang telah disusun karena nilai tahanan isolasi lebih besar dari nilai minimum tahanan isolasi yang diatur pada standar.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan pada tugas akhir ini terdapat beberapa kesimpulan yang diperoleh. Kesimpulan tersebut adalah sebagai berikut.

1. *Charger* tipe HK-H-H132-16 dinyatakan telah memenuhi standar IP (*ingress protection*) dengan nilai tingkat proteksi adalah IP67.
2. Sistem pengisian baterai di workshop MOLINA tidak dilengkapi dengan peralatan *switching* mekanik dan proteksi di bagian luar *charger*. Pada *charger* peralatan proteksi menggunakan fuse.
3. Tanda pada *nameplate charger*, kabel *charger* dan konektor dapat dilihat dengan baik tanpa menggunakan alat bantu. Tetapi beberapa tanda sesuai dengan standar yang telah disusun tidak dicantumkan pada *nameplate* masing-masing peralatan.
4. Tahanan isolasi *charger* tipe HK-H-H132-16 dan kabel *charger* NYHY lebih besar dari nilai minimum yang diatur pada standar sehingga dinyatakan telah memenuhi standar.
5. Kabel *charger* dinyatakan memenuhi syarat terhadap pengujian tegangan terhadap *complete cable* karena selama pengujian tidak terjadi *breakdown*.
6. *Charger* mampu bekerja dengan performa yang baik setelah melalui pengujian terhadap temperatur yang berubah-ubah pada rentang temperatur kerja *charger*.

Demikian penyusunan standar dan identifikasi kesesuaian berdasarkan pengecekan dan pengujian terhadap peralatan *charger*. Sebagian besar telah memenuhi standar tetapi terdapat beberapa peralatan yang tidak memenuhi standar kelengkapan operasi sesuai dengan standar yang telah disusun.

5.2 Saran

Berikut adalah beberapa saran yang perlu dipertimbangkan untuk penelitian selanjutnya.

1. Apabila ingin mengembangkan penelitian ini perlu untuk menambah standar acuan yang relevan sehingga dapat menyusun prosedur pengecekan dan pengujian yang lebih detail.
2. Berdasarkan data yang telah diperoleh pada tugas akhir ini, ada beberapa hal yang belum sesuai dengan standar. Manufaktur perlu untuk memperbaiki dan melengkapi peralatan-peralatan yang belum tersedia pada pengoperasian *charger*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. S. Kamajaya and M. M. Ulya, "Analisis Teknologi Charger Untuk Kendaraan Listrik - Review," vol. 6, no. 3, pp. 163–166, 2015.
- [2] J. M. Sutor and A. P. Hudgins, "Plug-In Electric Vehicle Handbook for Workplace Charging Hosts (Brochure), Clean Cities, Energy Efficiency & Renewable Energy (EERE)," p. 15, 2016.
- [3] A. Sultanbek, A. Khasenov, Y. Kanapyanov, M. Kenzheliyeva, and M. Bagheri, "Intelligent Wireless Charging Station for Electric Vehicles," pp. 1–6, 2017.
- [4] H. Kolondam, I. H. Tumaliang, M. Tuegeh, and L. S. Patras, "Pengaruh Penggunaan PE dan Tree guard pada Jaringan Distribusi Primer 20 kV," pp. 1–13, 2013.
- [5] K. Zhang, Z. Yin, X. Yang, Z. Yan, and Y. Huang, "Quantitative Assessment of Electric Safety Protection for Electric Vehicle Charging Equipment," 2017.
- [6] *IEC 61851, Electric vehicle conductive charging system - Part 1: General requirements*, vol. 03. 2017.
- [7] J. Kelly, *IEC 60664, Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 1: Principles, requirements and tests Coordination*. 2012.
- [8] *IEC 60529, Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)*. 2013.
- [9] *IEC 62893, Charging cables for electric vehicles of rated voltages up to and including 0,6/1 kV - Part 1: General requirements*, vol. 01. 2017.
- [10] *IEC 62893, Charging cables for electric vehicles of rated voltages up to and including 0,6/1 kV – Part 2: Test methods*, vol. 01. 2017.
- [11] S. Bartien, "Puil 2011," *DirJen Ketenagalistrikan*, vol. 2011, 2011.
- [12] *IEC 62196, Plugs, socket-outlets, vehicle connectors and vehicle inlets – Conductive charging of electric vehicles – Part 1: General requirements*, vol. 03. 2014.
- [13] *AIS-138, Part 1: Electric Vehicle Conductive AC Charging System*, vol. 138. 2017.
- [14] *IEC 61851, Electric vehicle conductive charging system - Part*

21-1: Electric vehicle on-board charger EMC requirements for conductive connection to an AC/DC supply. 2017.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Pengujian tahanan isolasi



(a)



(b)



(c)

Gambar 6. 1 Hasil pengukuran tahanan isolasi *charger*. (a) Tahanan isolasi konduktor L. (b) Tahanan isolasi konduktor N. (c) Tahanan isolasi konduktor DC positif



Gambar 6. 2 Pengukuran tahanan isolasi kabel

Lampiran 2. Pengujian tegangan tinggi pada kabel *charger*



Gambar 6. 3 Rangkaian pembangkitan tegangan tinggi DC



Gambar 6. 4 Monitoring tegangan tinggi AC



Gambar 6. 5 Monitoring tegangan tinggi DC

Lampiran 3. Pengujian performa pada temperatur lingkungan



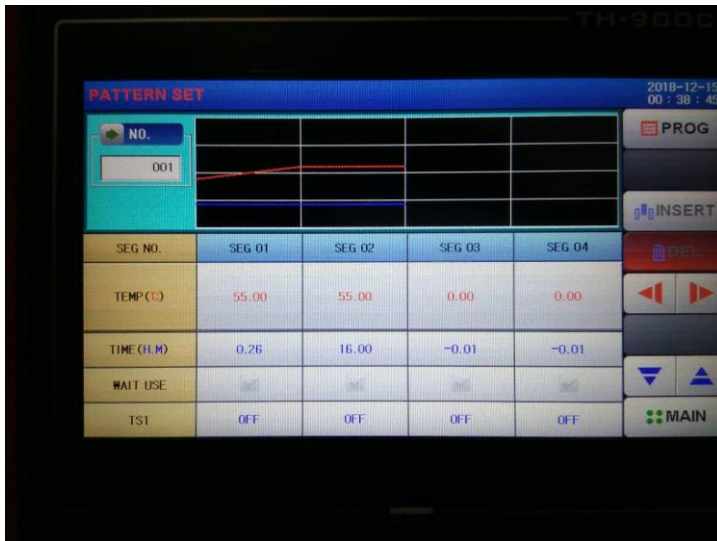
Gambar 6. 6 Charger di dalam *thermal chamber* pada pengujian temperatur



Gambar 6. 7 Charger di dalam *thermal chamber* pada kondisi mengisi mengisi baterai



Gambar 6. 8 Pengaturan siklus pengujian perubahan temperatur lingkungan



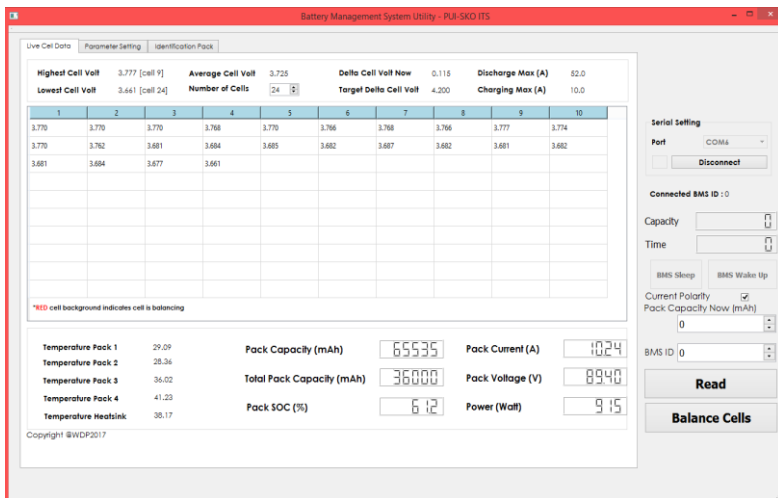
Gambar 6. 9 Pengaturan temperatur pada pengujian *dry heat test*



Gambar 6. 10 Pengaturan temperatur pada pengujian temperatur rendah



Gambar 6. 11 Tampilan layar *thermal chamber* pada pengujian *dry heat test*

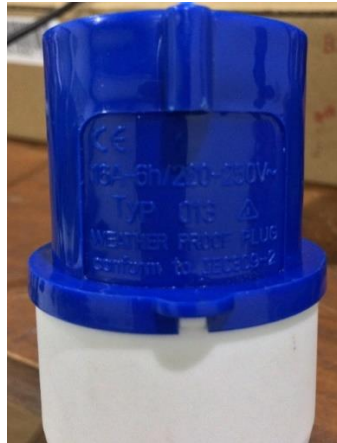


Gambar 6. 12 Tampilan hasil pengukuran arus dan daya *output charger*

Lampiran 4. Pengujian ketahanan tanda



Gambar 6. 13 Peralatan pengujian ketahanan tanda



Gambar 6. 14 Tanda pada konektor setelah pengujian ketahanan tanda

Lampiran 5. Spesifikasi *charger* tipe HK-H-H123-16

1. Key Features

<i>Fully sealed potting process, water cooling (modular optional)</i>	<i>Work reliably under -35°C- +85°C</i>
<i>Built in thermal sensor</i>	<i>Cut off output under dangerous operations conditions (internal 95°C)</i>
<i>Protection level IP67</i>	<i>Work safely in the short-term immersion conditions</i>

2. Model

<i>Hardware</i>	<i>Output Voltage Range</i>	<i>Max Output Current</i>	<i>Lead Acid Battery Charger Model</i>	<i>Lithium Battery Charger Model</i>
48V25A	18-68VDC	25A	HK-H-48-25	HK-H-H66-25
72V25A	25-99VDC	25A	HK-H-72-25	HK-H-H99-25
96V16A	34-132VDC	16A	HK-H-96-18	HK-H-H132-16

3. Features

<i>Input</i>	<i>Frequency</i>	45-65Hz
	<i>Stand-by Consumption</i>	≤5W
<i>Main Output</i>	<i>Output Mode</i>	CV / CC
	<i>Output Power</i>	1800W@220VAC 700W@110VAC
	<i>CV Accuracy</i>	±1%
	<i>CC Accuracy</i>	±2%
	<i>Ripple Voltage Coefficient</i>	5%

<i>Communication Function</i>	<i>CAN Communication</i>	<i>Yes</i>
	<i>Baud Rate</i>	<i>125Kbps,250Kbps, 500Kbps</i>
	<i>Terminal Resistance</i>	<i>N/A</i>
<i>12V Output</i>		<i>Load Capacity of 200 mA, Output controllable</i>

4. Protection function

<i>Input Over-voltage Protection</i>	<i>AC270±5V</i>
<i>Input Under-voltage Protection</i>	<i>AC85±5V</i>
<i>Output Over-voltage Protection</i>	<i>Stop the output when exceeds + 1% of the maximum output voltage</i>
<i>Output Under-voltage Protection</i>	<i>Stop the output when below -5% of the minimum output voltage</i>
<i>Output Over-current Protection</i>	<i>Stop the output when exceeds + 1% of the maximum output current</i>
<i>Over-temperature Protection</i>	<i>Power down from 85 °C and turn off at 90°C</i>
<i>Short-circuit Protection</i>	<i>Stop Output</i>
<i>Battery Reverse Connect Protection</i>	<i>Fuse Burn-out</i>
<i>Ground Protection</i>	<i>≤100mΩ</i>
<i>CAN communication Protection</i>	<i>Automatically stop the output when CAN communication fails</i>
<i>Power-off Protection</i>	<i>Yes</i>

Lampiran 6. Draf SNI



Standar Nasional Indonesia

SNI 2018

**DRAF STANDAR NASIONAL INDONESIA
PERALATAN CHARGER KENDARAAN LISTRIK**

Badan Standar Nasional



1. Ruang Lingkup

Standar ini menetapkan pengujian untuk performa dan keselamatan peralatan *charger* sebagai peralatan penyuplai energi untuk baterai kendaraan listrik.

Tujuan dari standar ini adalah untuk menentukan prosedur pengujian untuk mendapatkan karakteristik dari peralatan *charger* sehingga dapat diketahui performa dan tingkat keselamatan dari peralatan penyuplai energi tersebut.

Standar ini memberikan prosedur uji yang baku dan kondisi untuk pengujian serta nilai yang seharusnya dari hasil pengujian setiap bagian dari peralatan *charger* tersebut. Standar sangat diperlukan untuk mendapatkan data dari setiap bagian yang diuji untuk berbagai desain *charger*.

Standar ini disusun untuk peralatan yang didesain untuk digunakan pada ketinggian sampai dengan 2000 m. Untuk peralatan yang digunakan pada ketinggian lebih dari 2000 m, perlu diperhatikan kekuatan dielektrik dan efek pendinginan oleh udara.

2. Acuan Normatif

Dokumen-dokumen berikut dijadikan referensi karena dianggap sangat diperlukan untuk penerapan dokumen ini. Untuk referensi yang tidak berlaku lagi, hanya edisi yang dikutip yang berlaku. Untuk referensi yang berlaku, digunakan edisi terbaru dari dokumen yang dijadikan referensi.

IEC 61851-1 : 2017, *Electric vehicle conductive charging system - Part 1: General requirements*

IEC 61851-21-1 : 2017, *Electric vehicle conductive charging system - Part 21-1: Electric vehicle on-board charger EMC requirements for conductive connection to an AC/DC supply*

IEC 60529 : 2013, *Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)*

IEC 60245-2 : 1998, *Rubber insulated cables – Rated voltages up to and including 450/750 V – Part 2: Test methods*

IEC 60664-1 : 2007, *Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 1: Principles, requirements and tests*

IEC 62196-1 : 2014, *Plugs, socket-outlets, vehicle connectors and vehicle inlets – Conductive charging of electric vehicles – Part 1: General requirements*

IEC 62893-1 : 2017, *Charging cables for electric vehicles for rated voltages up to and including 0,6/1 kV - Part 1 General requirements*

IEC 62893-2 : 2017, *Charging cables for electric vehicles for rated voltages up to and including 0,6/1 kV - Part 1 Test methods*

ISO 17409 : 2015, *Electrical propelled road vehicle-connection to an external power supply - safety requirement*

AIS 138 : 2017, *Part 1 : Electric Vehicle Conductive AC Charging System*

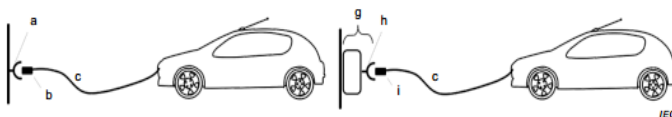
3. Istilah dan definisi

Untuk mempermudah dalam memahami dokumen ini maka diberikan istilah dan definisi. Istilah dan definisi tersebut kemudian akan di gunakan dalam dokumen ini. Berikut adalah istilah dan definisi dokumen tersebut.

1. Peralatan penyuplai (*EV supply equipment/EVSE*)

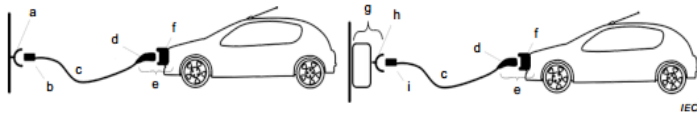
Peralatan atau kombinasi dari peralatan yang berfungsi untuk menyuplai energi listrik dari jaringan atau instalasi listrik untuk mengisi baterai kendaraan.

2. Kendaraan listrik (*electric vehicle*)
Kendaraan yang digerakkan oleh motor listrik yang menggunakan energi dari RESS, terutama yang digunakan di jalan umum.
3. *Rechargeable energy storage system* (RESS)
Sistem yang berfungsi untuk menyimpan energi dan dapat diisi ulang. Misalnya baterai dan kapasitor.
4. Penyuplai daya eksternal (*external electric power supply*)
Sumber energi listrik yang bukan merupakan bagian dari kendaraan listrik yang berfungsi untuk menyuplai energi listrik dengan menggunakan beberapa peralatan.
5. *Charger*
Power converter pada peralatan penyuplai energi yang berfungsi untuk mengisi baterai.
6. Case A
Koneksi antara kendaraan listrik dengan jaringan listrik dimana steker dan kabelnya merupakan bagian kendaraan listrik secara permanen.



Gambar 6. 15 Koneksi case A [6]

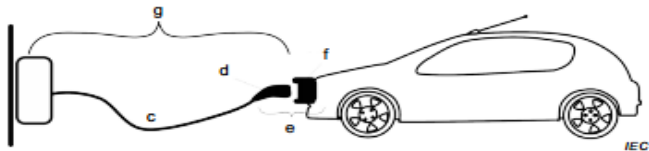
7. Case B
Koneksi antara kendaraan listrik terhadap jaringan listrik dimana kabel dapat dilepaskan dari keduanya (bukan bagian dari keduanya).



Gambar 6. 16 Koneksi case B [6]

8. Case C

Koneksi antara kendaraan listrik terhadap jaringan listrik dimana kabel dan konektor merupakan bagian dari *charging station*.



Gambar 6. 17 Koneksi case C [6]

Keterangan gambar

- a. Stop kontak
- b. Steker
- c. Kabel
- d. Konektor kendaraan
- e. *Coupler* kendaraan
- f. *Inlet* kendaraan
- g. *Charging station*
- h. Stop kontak kendaraan
- i. Steker kendaraan

9. *Protective earthing* (PE)

Pentanahan pada suatu titik atau sistem atau instalasi atau peralatan dengan tujuan keamanan.

10. Mode 1

Mode 1 adalah metode koneksi antara kendaraan listrik dengan sumber energi AC menggunakan

kebel dan steker yang tidak dilengkapi dengan peralatan tambahan.

Nilai arus dan tegangan untuk mode 1 tidak melebihi:

a. 16 A dan 250 V AC, 1 fasa

b. 16 A dan 480 V AC, 3 fasa

Peralata penyuplai mode 1 dilengkapi dengan konduktor PE dari steker.

11. Mode 2

Mode 2 adalah metode koneksi antara kendaraan listrik dengan sumber energi AC menggunakan kabel dan steker dengan *control pilot* dan sistem proteksi terhadap sengatan listrik diantara steker dan kendaraan.

Nilai arus dan tegangan untuk mode 2 tidak melebihi:

a. 32 A dan 250 V AC, 1 fasa

b. 32 A dan 480 V AC, 3 fasa

Peralata penyuplai mode 2 dilengkapi dengan konduktor PE dari steker.

12. Mode 3

Mode 3 adalah metode koneksi antara kendaraan listrik dengan peralatan penyuplai energi AC yang terhubung tetap dengan jaringan listrik dengan *control pilot* dari peralatan penyuplai ke kendaraan. Peralata penyuplai mode 3 dilengkapi dengan konduktor PE dari steker.

13. Mode 4

Mode 4 adalah metode koneksi antara kendaraan dengan jaringan AC maupun DC yang dilengkapi dengan peralatan penyuplai DC dan *control pilot*.

14. *Enclosure*

Bagian yang memberikan perlindungan peralatan terhadap pengaruh eksternal dalam bentuk apa pun dan perlindungan terhadap kontak langsung.

15. *Charger* kelas I

Charger dengan isolasi sebagai proteksi utama dan ikatan proteksi (*protective bonding*) sebagai proteksi terhadap kegagalan. Ikatan proteksi merupakan koneksi semua konduktor tanpa isolasi yang diketanahkan.

16. *Charger* kelas II

Charger dengan isolasi adalah proteksi utama dengan isolasi tambahan sebagai proteksi terhadap kegagalan.

4. **Persyaratan *Charger***

Perlatan *charger* didesain sedemikian rupa sehingga dapat dihubungkan dengan kendaraan listrik. Pada kondisi pengisian normal tranfer energi dapat berjalan dengan performa yang baik dan aman dengan meminimalkan risiko bagi pengguna dan sekitarnya. Bagian ini akan membahas peralatan penyulai energi dengan rating tegangan maksimal sampai dengan 1000 V AC. Peralatan akan beropasi dengan optimal pada tegangan nominal $\pm 10\%$ dengan frekuensi $50\text{Hz} \pm 3\%$ pada suhu $0^{\circ}\text{C} - 55^{\circ}\text{C}$. Berdasarkan tempatnya charger diklasifikasikan menjadi dua yaitu *indoor* dan *outdoor*.

Pada saat melakukan pengisian temperatur peralatan *charger* akan naik. Temperatur maksimum pada bagian charger yang dapat digenggam ketika *charger* bekerja pada rating arus maksimum dengan temperatur lingkungan 40°C adalah 50°C pada bagian metal dan 60°C pada bagian nonmetal. Sedangkan pada peralatan yang tidak dapat digenggam temperatur yang diizinkan adalah 60°C pada bagian metal dan 85°C pada bagian nonmetal.

4.1 Proteksi terhadap Sengatan Listrik

Pada charger yang terhubung dengan jaringan listrik bagian yang dapat menyebabkan sengatan listrik harus di lindungi sehingga tidak membahayakan pengguna. Semua bagian dari *enclosure charger* harus dipastikan tidak menyebabkan sengatan listrik.

4.1.1Tingkat proteksi terhadap bagian yang berbahaya

Tingkat proteksi dari setiap bagian diatur dalam setiap bagian dari peralatan penyuplai daya kendaraan harus memenuhi persyaratan berikut.

1. Tingkat IP untuk *enclosure charger* setidaknya adalah IPXXC
2. Tingkat IP ketika konektor dihubungkan dengan *inlet* kendaraan adala IPXXD
3. Tingkat IP steker yang dihubungkan dengan stop kontak adalah IPXXD
4. Konektor kendaraan mode 1 yang tidak terhubung memiliki IPXXD
5. Konektor kendaraan mode 2 yang tidak terhubung memiliki IPXXB dengan nilai minimum tegangan ketika kontak terbuka sebanding dengan jarak kontak sesuai dengan IEC 60664-1 tentang *overoltage* kategori 2. Pada IEC 60664-1 diberikan untuk tegangan 230V /240 V maka nilai tegangan impuls adalah 2,5kV dengan kontak berjarak 1,5 mm
6. Konektor kendaraan dan stop kontak kedaraan listrik pada mode 3 yang tidak terhubung adalah IPXXB dengan terhubung langsung dengan perangkat *switching* mekanik dan memenuhi syarat berikut.
 - a. Nilai minimum tegangan ketika kontak terbuka sebanding dengan jarak kontak. Pada IEC 60664-1 diberikan bahwa untuk

- tegangan 230 V / 400 V maka tegangan impuls adalah 4 kV dengan jarak pemisah kontak lebih besar atau sama dengan 3 mm.
- b. Adanya monitoring kontak *switching* untuk operasi *switching* mekanis untuk mengisolasi ketika ada terjadi gangguan atau kesalahan operasi pada bagian hulu sistem.
 - c. Adanya penutup pada bagian stop kontak maupun konektor untuk case C.

4.1.2 Discharge Kapasitor

Satu detik setelah pelepasan koneksi antara kendaraan listrik dengan suplai tegangan antara konduktor dan konduktor PE harus lebih kecil atau sama dengan 42,4 V tegangan puncak AC atau 60 V DC dan energi yang tersimpan harus lebih kecil dari 20 J. Apabila tegangan puncaknya lebih besar dari 42,4 V atau 60 V DC atau energi yang tersimpan lebih besar dari 20 J maka perlu di berikan label peringatan yang ditempatkan pada posisi yang tepat dan dapat dilihat dengan jelas.

4.1.3 Proteksi Kegagalan

Proteksi kegagalan harus terdiri dari satu atau lebih sebagaimana proteksi yang diatur dalam IEC 60364-4-41, yaitu:

- a. Pemutus otomatis dari suplai
- b. Isolasi ganda atau isolasi yang diperkuat
- c. Pemisah elektrik
- d. *Extra low voltage* (SELV dan PELV)

Pemisah elektrik dapat terpenuhi jika ada peralatan yang terpisah secara elektrik pada setiap kendaraan.

4.2 Karakteristik Peralatan *Switching* mekanik

4.2.3 Switch dan Disconnect Switch

Pemilihan peralatan *switch* dan *disconnect switch* mengacu kepada IEC 60947-3. Pada penggunaan pada

sistem AC maka *switch* dan *disconnecter switch* harus memiliki rating arus minimal pada kategori penggunaan AC-22A yaitu 160 A AC pada sistem dengan frekuensi 50 Hz atau 60 Hz dan tidak lebih kecil dari rating arus *charger*. Sedangkan pada penggunaan pada sistem DC, *switch* dan *disconnecter switch* harus memiliki rating arus minimal pada kategori penggunaan DC-21A yaitu 1250 A pada tegangan 250 V dan tidak lebih kecil dari rating arus *charger*.

4.2.4 Kontaktor

Kontaktor harus sesuai dengan ketentuan yang diatur pada IEC 60947-4-1. Untuk penggunaan pada sistem AC, kontaktor harus memiliki rating arus minimal pada kategori penggunaan AC-1 dan tidak lebih kecil dari rating arus *charger*. Demikian juga dengan penggunaan pada sistem DC, kontaktor harus memiliki rating arus minimal pada kategori penggunaan DC-1 dan tidak lebih kecil dari rating arus pada peralatan *charger*.

4.2.5 Inrush Current

Peralatan *charger* berfungsi mengalirkan arus untuk disimpan dalam baterai kendaraan listrik. Sebuah *charger* akan menahan arus puncak sebesar 230 A dalam 100 μ s setelah kontaktor ditutup tanpa mengalami gangguan. Ketika melakukan pengisian kapasitor pada *charger* konduktor mengalirkan arus sebesar 30 A (rms) selama 1 detik. *Inrush current* terjadi akibat dari dua fenomena tersebut. Pada fenomena pertama *inrush current* terjadi akibat EMC filter sedangkan pada fenomena kedua terjadi akibat kapasitansi dari peralatan elektronika daya *charger*.

Pengujian *inrush current* dilakukan dengan memenuhi kondisi-kondisi berikut ini.

1. Tegangan suplai merupakan tegangan rating peralatan

2. Suplai daya akan menyuplai impedansi ke sistem (*impedance loop*) tidak lebih dari 150 m Ω
3. *Impedance loop* dapat diukur sesuai dengan IEC 60364-6
4. Suplai daya eksternal harus memenuhi salah satu dari syarat berikut, diantaranya:
 - a. Instalasi tetap, perangkat switching untuk pengujian dan kabel (misal kabel untuk case B atau case C)
 - b. Instalasi tetap dan peralatan penyuplai kendaraan listrik dengan kabel tes (kabel case B atau case C)
5. Jika dari hasil pengukuran inpedansi kurang dari 150 m Ω maka kabel tes (case B atau case C) dapat digunakan untuk menaikkan suplai impedansi ke sistem.

Pengukuran dilakukan pada level kendaraan atau level komponen yang relevan dengan power suplai kendaraan. tegangan suplai daya eksternal akan diukur. Pada tegangan puncak pada sudut fasa $90^\circ \pm 5^\circ$ akan diterapkan pada peralatan yang akan diukur. Kondisi tersebut dapat dicapai dengan memicu (*trigger*) peralatan *switch* penyuplai kendaraan listrik. Jika tegangan yang di berikan suplai daya tidak memenuhi tegangan rating maka tegangan yang digunakan adalah tegangan yang mendekati rating peralatan yang diuji. Sehingga mendapatkan hasil pengukuran yang tepat. Pengulangan pengujian dapat dilakukan setelah beberapa saat dengan memastikan kapasitor pada peralatan yang diuji telah mengalami *discharge*.

4.2.6 Jarak *Clearances and Creepage*

Jarak *clearance* adalah jarak minimum antara dua konduktor atau lebih dengan isolasi udara sedangkan jarak *creepage* merupakan jarak minimum antara dua konduktor berisolasi padat. Jarak *clearance* antar konduktor dibedakan

berdasarkan nilai *impulse withstand voltage*, tingkat polusi dan medan homogen atau tidak homogen. Sedangkan untuk jarak *creepage* dibedakan berdasarkan rating tegangan kerja dalam r.m.s, jenis material isolasi konduktor serta nilai tingkat polusi dari lokasi operasi peralatan berdasarkan penempatannya baik di dalam ruangan atau di luar ruangan. Jenis material isolasi dibedakan berdasarkan *comparative tracking index* (CTI). Nilai CTI umumnya digunakan sebagai elemen untuk mengukur karakteristik *breakdown* berdasarkan jenis material isolasinya. Berikut pengelompokan material berdasarkan CTI.

1. Material I : $600 \leq \text{CTI}$
2. Material II : $400 \leq \text{CTI} < 600$
3. Material III $175 \leq \text{CTI} < 400$

Kesesuaian syarat jarak *clearance* dan *creepage* dapat diketahui dengan melakukan inspeksi.

Tabel 6. 1 Jarak *clearance* mengacu pada IEC 60664-1 [7]

Nilai <i>impulse withstand voltage</i>	Jarak <i>Clearance</i> minimum di udara pada 2000 mdpl					
	Medan tidak homogen			Medan homogen		
	Tingkat polusi			Tingkat polusi		
	1	2	3	1	2	3
kV	mm	Mm	mm	mm	mm	Mm
0,33	0,01	0,2	0,8	0,01	0,2	0,8
0,40	0,02			0,02		
0,50	0,04			0,04		
0,60	0,06			0,06		
0,80	0,10			0,10		
1,0	0,15			0,15		
1,2	0,25	0,25	0,8	0,2	0,3	0,8
1,5	0,5	0,5		0,3		

Nilai <i>impulse withstand voltage</i>	Jarak <i>Clearance</i> minimum di udara pada 2000 mdpl					
	Medan tidak homogen			Medan homogen		
	Tingkat polusi			Tingkat polusi		
	1	2	3	1	2	3
kV	mm	mm	mm	mm	mm	Mm
2,0	1,0	1,0	1,0	0,45	0,45	0,8
2,5	1,5	1,5	1,5	0,60	0,60	
3,0	2,0	2	2	0,80	0,80	
4,0	3,0	3,0	3,0	1,2	1,2	1,2

Tabel 6. 2 Jarak *creepage* mengacu pada IEC 60664-1 [7]

Volta ge r.m.s (V)	Jarak minimum <i>creepage</i>						
	Tingkat polusi						
	1	2			3		
	Semu a materi al (mm)	Jenis material			Jenis material		
		I	II	III	I	II	III
		mm	mm	Mm	mm	mm	Mm
10	0,080	0,40	0,40	0,40	1,00	1,00	1,00
12,5	0,090	0,42	0,42	0,42	1,05	1,05	1,05
16	0,100	0,45	0,45	0,45	1,10	1,10	1,10
20	0,110	0,48	0,48	0,48	1,20	1,20	1,20
25	0,125	0,50 0	0,50 0	0,50 0	1,25 0	1,25 0	1,25 0
32	0,14	0,53	0,53	0,53	1,30	1,30	1,30
40	0,16	0,56	0,80	1,10	1,40	1,60	1,80
50	0,18	0,60	0,85	1,20	1,50	1,70	1,90
63	0,20	0,63	0,90	1,25	1,60	1,80	2,00
80	0,22	0,67	0,95	1,30	1,70	1,90	2,10
100	0,25	0,71	1,00	1,40	1,80	2,00	2,20

4.3 Tingkat IP

Tingkat IP (*Ingress Protection*) [8] merupakan petunjuk mengenai tingkat proteksi suatu benda terhadap intrusi benda padat seperti debu, jari tangan, kontak tidak sengaja ataupun perembesan benda cair. Tingkat IP dituliskan dengan huruf IP diikuti dengan 2 angka dan huruf. Kedua angka karakteristik tersebut menyatakan tingkat proteksi terhadap benda padat dan cair.

4.3.3 Tingkat Proteksi terhadap Benda Padat dan Air pada *Enclosure Charger*

Tingkat IP pada peralatan penyuplai energi kendaraan mengacu pada IEC 60529 adalah sebagai berikut.

1. Penggunaan di dalam ruangan (*indoor*) minimal IP41
2. Penggunaan di luar ruangan (*outdoor*) minimal IP44

Sedangkan tingkat IP untuk steker, *outlet* stop kontak, konektor kendaraan dan *inlet* kendaraan adalah sebagai berikut.

1. Penggunaan di dalam ruangan
 - a. Konektor kendaraan yang terhubung dengan *inlet* kendaraan adalah IP21
 - b. Steker yang terhubung dengan *outlet* stop kontak adalah IP 21
 - c. Konektor kendaraan untuk case C adalah IP21
 - d. Konektor kendaraan untuk case B adalah IP24
2. Penggunaan di luar ruangan
 - a. Konektor kendaraan yang terhubung dengan *inlet* kendaraan adalah IP44
 - b. Steker yang terhubung dengan *outlet* stop kontak adalah IP44
 - c. Konektor kendaraan adalah IP24
 - d. Steker kendaraan adalah IP24

4.3.4 Uji Tingkat Proteksi terhadap Benda Padat

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan tingkat proteksi peralatan penyuplai energi terhadap benda padat. Alat yang dibutuhkan untuk pengujian dapat dilihat dalam tabel 6.3 berikut ini.

Tabel 6. 3 Kekuatan uji berdasarkan level angka pertama proteksi terhadap benda padat [8]

Angka pertama	Alat pengujian	Kekuatan uji
2	Bidang keras tanpa pegangan atau pelindung dengan diameter 12,5 (+0,2) mm	30 N \pm 10%
4	Batang baja keras dengan diameter 1 (+0,05) mm dengan ujung tidak bergerigi	1 N \pm 10%

Alat pengujian tersebut didorong ke dalam *enclosure charger* melalui bagian sambungan yang akan diuji. Gaya yang diberikan untuk mendorong alat uji tersebut mengikuti tabel diatas. Hasil pengujian dapat dinyatakan memenuhi syarat apabila alat pengujian yang ditentukan pada tabel diatas tidak melewati bagian *enclosure charger*.

4.3.5 Uji Tingkat Proteksi terhadap Benda Cair

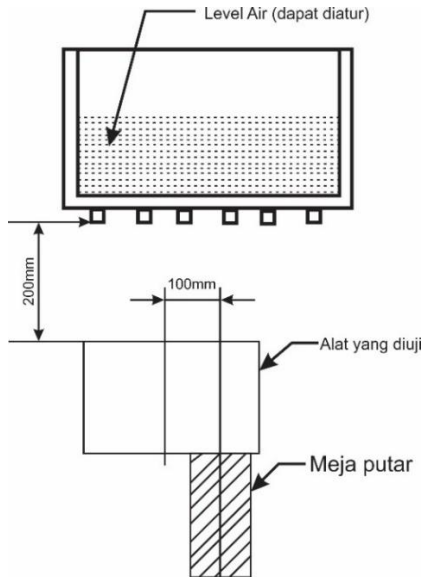
Pengujian ini bertujuan untuk menentukan tingkat proteksi peralatan penyuplai energi terhadap benda cair. Pada pengujian ini air yang digunakan adalah air tawar. Selama pengujian untuk IPX1 sampai IPX6 temperatur air tidak diperbolehkan memiliki selisih lebih besar 5K dari *enclosure charger*. Pada saat melakukan pengujian kelembaban yang terkandung di dalam enclosure charger mungkin akan mengembun. Embun yang terjadi di dalam enclosure bukan merupakan kegagalan proteksi terhadap

benda cair. Alat yang dibutuhkan untuk pengujian ini dapat dilihat pada tabel 3.4 dibawah ini.

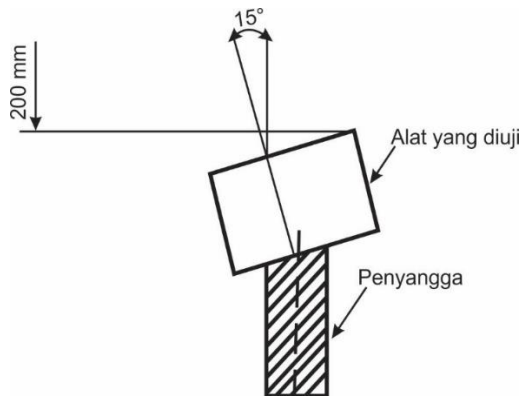
Tabel 6. 4 Debit air berdasarkan level angka kedua proteksi terhadap benda cair [8]

Angka kedua	Alat pengujian	Debit air	Waktu pengujian (menit)
1	Wadah air seperti pada gambar 6.20	1 (+0,5) (mm ³ /menit)	10
	Enclosure pada meja putar		
4	Tabung bersilasi seperti pada gambar 3.5 yang disemprotkan $\pm 180^\circ$ dari sisi vertikal dengan jarak maksimal 200 mm	0,07 l/menit $\pm 5\%$ pada setiap lubang	10
	Pipa semprot yang menyemprot air $\pm 180^\circ$ dari sisi vertikal	10 l/menit $\pm 5\%$	5

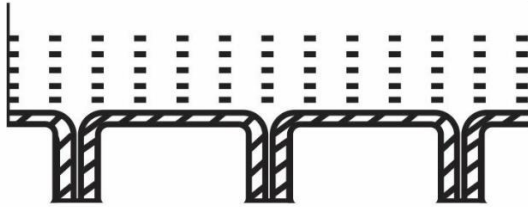
Pada pengujian IP angka kedua tingkat pertama air yang berada pada wadah ditetaskan secara perlahan terhadap *enclosure*. Jarak antar saluran air pada wadah adalah 20 mm.



Gambar 6. 18 Skema pengujian untuk angka kedua tingkat 1

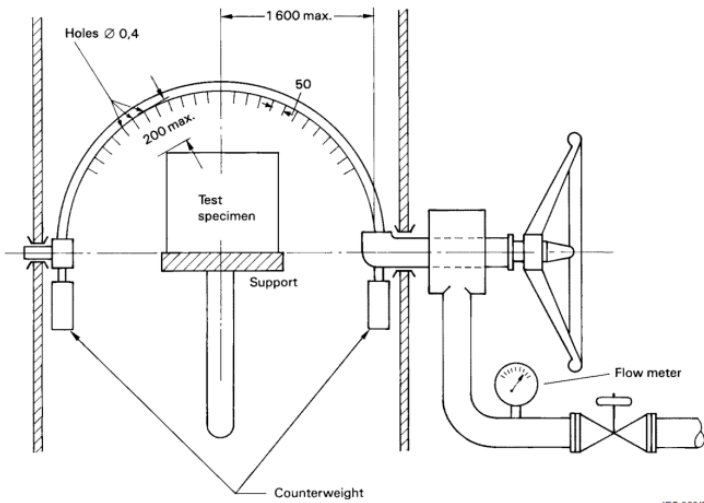


Gambar 6. 19 Meja putar pada pengujian IP angka kedua tingkat pertama

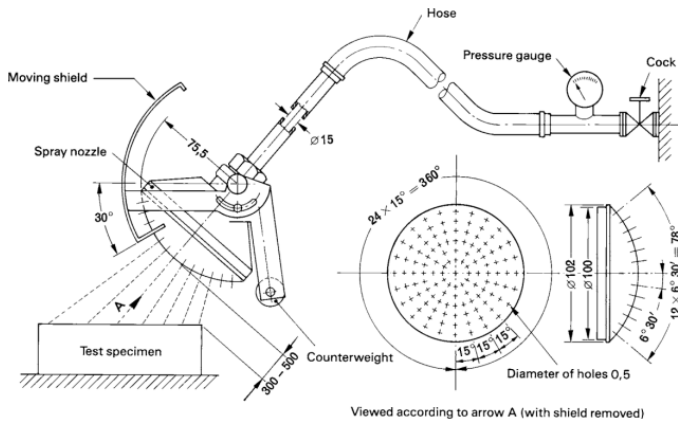


Gambar 6. 20 Saluran air pada wadah pengujian

Pada pengujian proteksi terhadap air tingkat pertama enclosure ditetesi air secara merata pada semua permukaan. Meja putar sebagai tempat penyangga enclosure diputar dengan kecepatan 1 rpm dengan sumbu putar meja dan *enclosure* charger berjarak 100 mm.



Gambar 6. 21 Tabung berosilasi untuk pengujian angka kedua tingkat 4 [8]



Gambar 6. 22 Pipa penyemprot untuk pengujian angka kedua tingkat 4 [8]

Pada pengujian proteksi terhadap air tingkat keempat dideskripsikan melalui gambar 3.5 dan gambar 3.6. Pengujian dengan tabung berorisasi lubang penyemprot membentuk setengah lingkaran atau 180°. Total aliran disesuaikan dengan banyaknya lubang dan jari-jari tabung. Aliran diukur dengan alat pengukur aliran air. Sedangkan pada pengujian dengan pipa penyemprot, tekanan air diatur sedemikian sehingga mencapai 50 kPa sampai dengan 150 kPa dan dijaga agar tetap konstan. Waktu yang dibutuhkan untuk pangujian adalah 1 menit/m² luas permukaan *enclosure* dengan durasi minimal adalah 5 menit.

Tabel 6. 5 Total aliran air berdasarkan jumlah lubang dan jari-jari pada tabung berorisasi [8]

Jari-jari tabung (mm)	Jumlah lubang	Total aliran air (l/menit)
200	12	0,84
400	25	1,8
600	37	2,6

Jari-jari tabung (mm)	Jumlah lubang	Total aliran air (l/menit)
800	50	3,5
1000	62	4,3
1200	75	5,3
1400	87	6,1
1600	100	7,0

4.4 Tahanan Isolasi

Tahanan isolasi diukur dengan memberikan tegangan 500V DC pada bagian input dan output. Hasil pengukuran tahanan isolasi harus mencapai nilai nomilah sebagai berikut.

- Charger* kelas I nilai R lebih besar dari 1M Ω
- Charger* kelas II nilai R lebih besar dari 7M Ω

Pengukuran tahanan isolasi dilakukan setelah memberikan tegangan selama 1 menit dan dilakukan setelah *damp heat test* pada 7.3.

4.5 Touch Current

Touch current atau arus sentuh adalah arus yang mengalir pada lapisan logam yang menutupi bagian charger yang bertegangan. Arus tersebut diukur pada suhu 40 °C \pm 2 °C dengan kelembaban relatif sebesar 93% selama 4 hari. Selama pengujian charger terhubung dengan suplai dengan tegangan sebesar 1,1 kali tegangan maksimum *charger* tersebut. Pengujian ini dilakukan dengan memberikan beban resistif sesuai dengan rating *output charger*. Besar nominal arus yang mengalir pada lasisan logam tidak melebihi nilai yang di tentukan pada tabel 3.4.

Tabel 6. 6 Batas *touch current* [6]

	Kelas I	Kelas II
Antara kutub bagian bertegangan dengan logam yang dapat disentuh	3,5 mA	0,25 mA

	Kelas I	Kelas II
Antara kutub bagian bertegangan dengan logam yang tidak dapat disentuh	-	3,5 mA
Antara bagian logam yang dapat diakses dengan bagian logam yang tidak dapat diakses	-	0,5 mA

4.6 *Dielectric Withstand Voltage*

4.6.3 *AC Withstand Voltage*

Pengujian *dielectric withstand voltage* menggunakan tegangan AC dengan frekuensi 50 Hz atau 60 Hz yang diberikan selama 1 menit. Untuk peralatan *charger* kelas I tegangan yang diberikan sebesar $U_n + 1200$ V rms. Dimana U_n adalah tegangan fasa terhadap netral. Sedangkan untuk peralatan *charger* kelas II tegangan yang diberikan adalah dua kali $U_n + 1200$ V rms. Tegangan AC dapat digantikan dengan tegangan DC dengan nilai tegangan yang sama dengan tegangan puncak AC. Pada pengujian ini semua peralatan harus terhubung kecuali peralatan-peralatan yang secara khusus didesain untuk pengujian tegangan rendah seperti alat ukur.

4.6.4 *mpulse Dielectric Withstand (1,2μ/50μ)*

Dielectric withstand akan diperiksa berdasarkan IEC 60664-1. Tegangan 6000 V akan diberikan pada *power circuit* mode *common* dan 4000 V pada mode diferensial. Pengujian dilakukan berdasarkan IEC 61180-1. Pengujian pada mode diferensial hanya dilakukan pada EVSE AC *fast charging*. Setelah pengujian beberapa kriteria yang perlu diperiksa untuk memastikan kelayakan EVSE adalah stabilitas tegangan *output*, tahanan isolasi dan proteksi hubung singkat pada bagian *output*.

4.7 Pemutus Darurat

Peralatan pemutus darurat atau *emergency disconnect* berfungsi untuk memutuskan suplai energi listrik dari peralatan charger. Peralatan pemutus darurat dapat menjadi bagian dari jaringan penyulai atau bagian dari *charger*. Pemasangan peralatan pemutus darurat tidak menjadi sebuah keharusan. Peralatan tersebut dipasang sesuai dengan peraturan nasional.

Catatan 1: Di beberapa negara peralatan pemutus darurat disediakan dengan rating lebih besar dari 60 A atau tegangan fasa terhadap *ground* sebesar 150 V.

4.8 Tanda (*Marking*)

Pembuatan sebuah peralatan listrik dalam hal ini peralatan charger harus disertai tanda tentang informasi yang dibutuhkan pengguna untuk pemilihan peralatan *charger* yang tepat. Tanda tersebut harus dibuat dengan jelas, dapat dibaca dan tahan lama. Tanda yang perlu dicantumkan pada peralatan penyuplai energi kendaraan adalah sebagai berikut.

1. Nama perusahaan, logo atau merek dagang perusahaan
2. Petunjuk jenis atau nomor identifikasi untuk mempermudah memperoleh informasi yang relevan untuk jenis peralatannn tersebut.
3. Tanggal pembuatan
4. Jenis arus
5. Frekuensi dan fasa untuk peralatan AC
6. Rating tegangan
7. Rating arus
8. Tingkat proteksi
9. Tanda "*indoor use only*" jika peralatan dibuat untuk penggunaan di dalam ruangan
10. Informasi lainnya yang menjelaskan tentang klasifikasi alat

Sedangkan tanda yang perlu di cantumkan untuk kabel *charger* adalah sebagai berikut.

1. Nama perusahaan atau merek dagang
2. Nomor identifikasi
3. Raring tegangan
4. Rating arus
5. Fasa
6. Tingkat proteksi

Tanda pada peralatan dibuat dengan berbagai cara supaya tanda tersebut dapat bertahan lama. Pengujian daya tahan tanda tersebut dilakukan dengan menggosok tanda tersebut dengan sebuah kain yang sudah direndam di dalam air selama 15 detik. Kemudian tanda tersebut digosok lagi dengan kain yang sudah direndam di dalam peroleum. Setelah pengujian tanda harus dapat dibaca dengan jelas dengan penglihatan normal tanpa memerlukan alat bantu penghilahan seperti kaca pembesar.

5. Persyaratan Kabel *Charger*

Bagian ini menetapkan konstruksi, dimensi dan persyaratan pengujian untuk kabel dengan rating tegangan sampai dengan 0,6/1 kV AC atau sampai dengan 1500 V DC. Suhu konduktor maksimum untuk kabel di bagian IEC 62893 adalah 90°C.

5.1 Dimensi Kabel

Panjang kabel maksimum menyesuaikan dengan kode regulasi nasional jika ada.

Catatan 1: Panjang kabel maksimum adalah 7,5 m kecuali dilengkapi dengan sistem manajemen kabel sesuai dengan regulasi Amerika Serikat.

Catatan 2 : Panjang kabel maksimum adalah 5 m kecuali dilengkapi dengan sistem manajemen kabel sesuai dengan regulasi Cina.

5.2 Manajemen Kabel dan Penyimpanan Kabel Terpasang

Untuk case C EVSE disediakan tempat penyimpanan kabel ketika tidak digunakan. Titik terendah konektor kendaraan pada penyimpanan kabel adalah 0,5 m sampai dengan 1,5 m dari permukaan tanah. Penyimpanan harus diperhatikan untuk mencegah kabel mengalami *overheating*.

5.3 Rating Tegangan

Rating tegangan kabel merupakan tegangan referensi untuk kabel yang di desain. Rating tegangan pada sistem arus bolak-balik dinyatakan dengan kombinasi dua nilai U_0/U , dinyatakan dalam volt, dimana:

- U_0 adalah nilai tegangan RMS antara konduktor dengan tanah (penutup kabel atau media di sekitarnya)
- U adalah nilai tegangan RMS antar konduktor fasa pada *multicore cable* atau tegangan sistem pada *single core cable*.

Pada sistem AC rating tegangan kabel harus setidaknya sama dengan tegangan sistem.

Tabel 6. 7 Tegangan kerja maksimum berdasarkan rating tegangan kabel [9]

Rating tegangan kabel (U_0/U)	Tegangan maksimum sistem yang diperbolehkan			
	AC	AC 3 fasa	DC	
	L-N	L-L	L-N	L-L
	U_0 maks	U maks		
300/500 V	320 V	550 V	410 V	820 V
450/750 V	480 V	825 V	620 V	1,24 kV
0,6/1 kV	0,7 kV	1,2 kV	0,9 kV	1,8 kV

5.4 Ukuran Kabel

Ukuran kabel dibedakan menurut tegangan rating dari sistem. Ukuran kabel *charger* adalah sebagai berikut:

- a. Untuk sistem dengan tegangan 300/500 V adalah 1,5 mm² dan 2,5 mm² untuk 3 inti.
- b. Untuk sistem dengan tegangan 450/750 V adalah 1,5 mm² sampau dengan 35 mm² untuk 3,4 dan 5 inti.
- c. Untuk sistem dengan tegangan 0,6/1 kV adalah 10 mm² sampai dengan 90 mm² untuk 2 dan 3 inti (khusus DC).
- d. Untuk kabel *pilot control* minimal 0,5 mm².

5.5 Uji Pelapukan/Ketahanan terhadap Paparan Rasiiasi UV

Pengujian ini adalah untuk menentukan ketahanan selubung kabel terhadap paparan UV. Penilaian dilakukan pada kondisi sebelum dan sesudah terkena sinar ultraviolet dan air. Peralatan yang di butukan dalam pengujian ini adalh sebagai berikut.

1. Sumber lampu xenon dengan filter borosilicate sehingga dapat menghasilkan radiasi $43 \text{ W/m}^2 \pm 15\%$ dengan spektrum antara 300 nm sampai dengan 400 nm.
2. Peralatan untuk kontrol suhu, kelembaban dan *cycle*.
3. Mesin untuk memompa air deionisasi dengan konduktivitas tidak lebih dari 5 $\mu\text{S/cm}$, aliran air harus menjamin semua bahan uji dapat dibasahi.
4. Peralatan kontrol radiasi.

Sepuluh kabel sebagai bahan uji dimana lima tidak diberikan perlakuan tertentu sedangkan lima potong bahan uji lainnya diberi perlakuan selama 720 jam dengan 360 siklus dimana setiap siklus terjadi selama 120 menit seperti kondisi berikut.

1. 102 menit diberi paparan radiasi UV pada suhu 60 ± 3 °C dengan kelembaban 50 ± 10 %
2. 18 menit diberi paparan hujan tanpa radiasi pada suhu 50 ± 3 °C
3. Setelah diberi paparan radiasi UV dan hujan bahan uji dipindahkan dan dikondisikan pada suhu lingkungan setidaknya 16 jam.

Semua bahan uji akan diuji kekuatan tarik dan persentase pemanjangannya. Nilai median dari lima bahan uji yang diberi paparan radiasi UV dan hujan dibagi dengan nilai median lima bahan uji lainnya. Hasil bagi dari pembagian median tersebut adalah 70% atau lebih.

5.6 Uji *Crush Resistance*

Pengujian ini menjelaskan metode untuk menentukan ketahanan kabel terhadap tekanan karena penggunaan kabel berisiko terkena gangguan berupa tekanan dari benda asing. Peralatan yang diperlukan dalam pengujian ini adalah sebagai berikut.

1. Sebuah mesin kompresi (*crush tester*) dengan perangkat untuk mengukur dan menampilkan besarnya gaya kompresi yang akurat hingga 2%. Mesin mampu untuk bergerak dengan kecepatan 10 ± 1 mm/menit.
2. Dua pelat baja dengan lebar 50 mm
3. Sebatang bor baja dengan diameter 20 mm dan panjang 50 mm yang dipasang pada salah satu pelat baja.
4. Sumber tegangan maksimum 30 V DC dengan indikator

Kabel sebagai bahan uji memiliki panjang minimal 2,5 m. Salah satu ujung kabel dibuat tanpa *sheath*. Ujung konduktor yang telanjang dihubungkan dengan salah satu sisi sumber tegangan DC dan sisi yang lain dihubungkan dengan kedua pelat baja.

Pengujian dilakukan pada suhu ruangan. Tahapan pengujian adalah sebagai berikut.

1. Kedua pelat dipasang secara horizontal pada mesin kompresi.
2. Batang bor diletakkan di tengah dan tegak lurus terhadap sisi pelat baja yang terletak pada bagian bawah.
3. Kabel diletakkan tegak lurus terhadap sumbu longitudinal batang bor. Sehingga kabel berada di antara kedua pelat dan batang bor.
4. Pelat baja bagian atas diturunkan sampai menyentuh permukaan kabel.
5. Pelat baja diturunkan lagi sampai sinyal indikator menyala.
6. Gaya pada mesin kompresi dicatat.
7. Prosedur diatas diulangi pada 9 titik uji di sepanjang kabel. Masing-masing titik uji tersebut setidaknya berjarak 250 mm dan setidaknya 125 mm dari ujung kabel.

Catatan : Setiap kabel harus memenuhi gaya rata-rata minimum sebagai berikut.

1. Kabel dengan luas penampang konduktor sampai dengan 4 mm² adalah 4 kN.
2. Kabel dengan luas penampang koduktor diatas 4 mm² adalah 11 kN.

5.7 Resistansi Konduktor

Untuk mengetahui resistansi konduktor, masing-masing konduktor harus diukur dengan panjang minimal sampel kabel adalah 1 m. Pengukuran resistansi konduktor menggunakan mega ohm meter. Jika dianggap perlu resistansi pada suhu 20°C untuk panjang 1 km dapat dijadikan acuan dengan rumus sebagai berikut.

$$R_{20} = R_t \frac{254,5}{234,5 + t} \times \frac{1000}{L} \quad (5.1)$$

Dimana R_{20} adalah reisisansi ohm/km pada suhu 20°C, R_t adalah resistansi konduktor dengan panjang L , L adalah panjang sampel konduktor dan t adalah temperatur saat pengujian.

5.8 Uji Tegangan pada *completed cable*

Pengujian ini mengacu kepada IEC 62893-1. Pengujian dilakukan terhadap kabel dengan panjang sampel minimum adalah 10 m. Metode pengujian berdasarkan IEC 60245-2 adalah sebagai berikut.

1. Sampel kabel direndam di dalam air dengan suhu 20 ± 5 °C selama 1 jam.
2. Kabel dikeluarkan dari air.
3. Sampel diberi tegangan AC atau DC sesuai rating kabel tersebut. Berikut adalah nilai tegangan yang diberikan berdasarkan rating kabel.

Tabel 6. 8 Tegangan uji berdarkan rating tegangan kabel [9]

Sumber tegangan	Rating tegangan kabel		
	300/500V	450/750V	0,6/1 kV
AC	2000 V	2500 V	3500 V
DC	4000 V	5000 V	7500 V

4. Tegangan AC atau DC diberikan terhadap sampel masing-masing minimal 5 menit.

Catatan: tidak terjadi *breakdown* selama pengujian.

5.9 Uji Tegangan Inti Kabel

Pengujian dilakukan terhadap kabel dengan panjang sampel minimum adalah 5 m. Metode pengujian berdasarkan IEC 60245-2 adalah sebagai berikut.

1. Sampel kabel direndam di dalam air dengan suhu 20 ± 5 °C selama 1 jam.
2. Kabel dikeluarkan dari air.
3. Sampel diberi tegangan AC atau DC sesuai rating kabel tersebut. Berikut adalah nilai tegangan yang diberikan berdasarkan rating kabel.

Tabel 6. 9 Tegangan uji kabel berdasarkan diameter inti [9]

Sumber tegangan	Diameter inti (mm)	Rating tegangan kabel		
		300/500V	450/750V	0,6/1 kV
AC	≤ 6	1500 V	-	-
	> 6	2000 V	2500 V	3500 V
DC	≤ 6	3000 V	-	-
	> 6	4000 V	5000 V	7001

4. Tegangan AC atau DC diberikan terhadap sampel masing-masing minimal 5 menit.

Catatan: tidak terjadi *breakdown* selama pengujian.

5.10 Uji Tahanan Isolasi

Pengujian tahanan isolasi kabel dilakukan dengan menggunakan mega ohm meter (megger). Sampel sepanjang 5 m yang akan diukur tahanan isolasinya dipanaskan terlebih dahulu dengan suhu 90°C selama 2 jam. Kemudian tahanan isolasinya diukur dengan meger. Nilai tahanan isolasi minimum berdasarkan PUIL 2011 dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 6. 10 Nilai tahanan isolasi minimum [11]

Tegangan nominal (V)	Tegangan uji arus searah (V)	Tahanan isolasi minimum (MΩ)
50-120	250	$\geq 0,25$
≤ 500	500	$\geq 0,5$
> 500	1000	≥ 1

5.11 Uji Tahanan Isolasi Jangka Panjang terhadap Sumber DC

Pengujian dilakukan pada sampel kabel sepanjang 5 m dengan semua penutup telah dilepaskan. Hindari kerusakan inti selama pelepasan selubung kabel. Pengujian ini mengacu kepada IEC 62893-2.

Tahapan pengujian adalah sebagai berikut:

1. Rendam sampel pada larutan natrium klorida dengan konsentrasi 30 g/l selama 240 ± 2 jam pada suhu $85 \pm 2^\circ\text{C}$.
2. Keluarkan kedua ujung sampel dari larutan masing-masing kira-kira 250mm.
3. Hubungkan kutub negatif sumber DC dengan tegangan 600 V ke konduktor dan kutub positif ke elektroda tembaga yang di rendam dalam larutan.

Catatan : Selama pengujian dan setelah pengujian tidak terjadi *breakdown* dan bagian luar isolasi tidak mengalami kerusakan. Perubahan warna dapat diabaikan.

5.12 Proteksi terhadap Beban Lebih dan Hubung Singkat

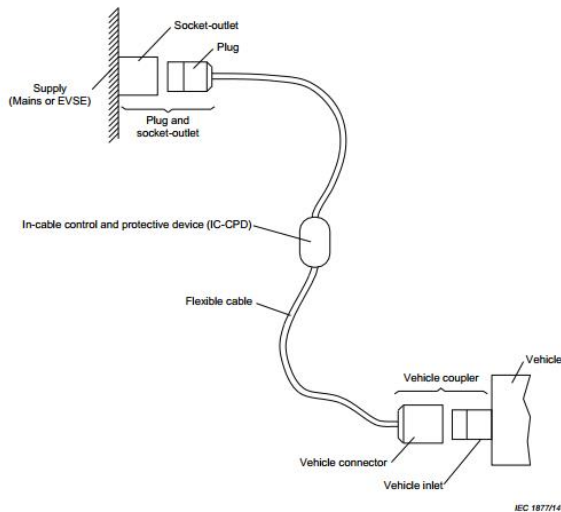
Setiap peralatan penyuplai energi listrik harus menyediakan peroteksi terhadap bahaya beban lebih dan hubung singkat. Bahaya akibat beban lebih dan hubung singkat dapat dihindari dengan menggunakan *circuit breaker* dan atau *fuse*. Dengan menggunakan *circuit breaker* dan atau *fuse* beban lebih dimana arus yang melewati kabel melebihi 1,3 kali dari rating arus maka dalam waktu 1 menit aliran listrik akan diputus oleh *circuit breaker* atau *fuse*.

6. Persyaratan Steker dan Konektor Kendaraan

Steker dan konektor kendaraan merupakan bagian penting dalam pengisian baterai pada kendaraan oleh *charger*. Steker berfungsi sebagai penghubung kabel charger

dengan sumber energi sedangkan konektor kendaraan menghubungkan kabel charger dengan inlet kendaraan.

IEC 62196 mengatur ketentuan sebuah steker dan konektor kendaraan. Bagian ini berlaku untuk peralatan dengan rating tegangan tidak melebihi 480 V AC, frekuensi antara 50 Hz sampai dengan 60 Hz, dan rating arus tidak melebihi 63 A untuk sistem tiga fasa atau 70 A untuk sistem satu fasa. Steker dan konektor kendaraan tersebut dimaksudkan bekerja pada suhu lingkungan antara -30°C sampai dengan 50°C.



Gambar 6. 23 Koneksi steker-stop kontak dan konektor-*inlet* kendaraan [12]

Pemilihan steker dan konektor kendaraan yang tepat akan mendukung performa dan tingkat keamanan peralihan dan pengguna. Dalam memilih peralatan perlu diperhatikan rating peralatan tersebut. Rating tegangan untuk steker dan konektor kendaraan pada sistem AC adalah 250 V dan 480 V serta 30 V yang digunakan khusus untuk tujuan kontrol.

Sedangan untuk rating arus steker dan konektor kendaraan pada sistem AC adalah 16 A, 20 A, 30 A atau 32 A, 60 A atau 63 A yang dapat digunakan pada sistem satu fasa maupun tiga fasa serta 70 A khusus digunakan untuk sistem satu fasa.

Setiap peralatan termasuk steker dan konektor kendaraan harus diberi penanda. Dalam hal ini tanda-tanda yang perlu dicantumkan pada steker dan konektor kendaraan adalah sebagai berikut.

1. Rating arus dalam ampere (A)
2. Rating tegangan maksimum dalam voltage (V)
3. Simbol yang menunjukkan tingkat proteksi
4. Nama atau merek dagang pabrik atau vendor

6.1 Koneksi Konektor dengan Kendaraan Listrik

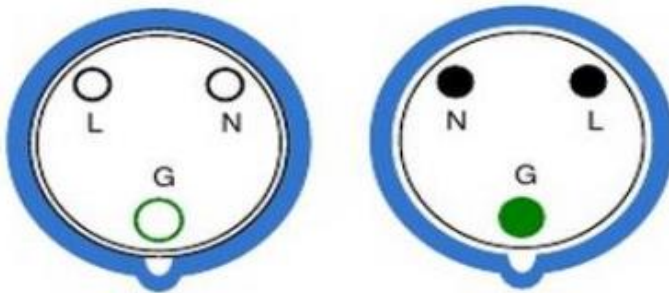
Koneksi antara konektor dan kendaraan listrik harus diperhatikan dengan baik. Konektor dan *inlet* kendaraan harus dipastikan sesuai sehingga dapat melakukan pengisian energi dengan optimal. Urutan koneksi antar pin konektor dibuat sedemikian sehingga pin PE terhubung lebih dulu dan yang terakhir adalah pin *control pilot*. Untuk pin L1,L2,L3 dan N tidak ada ketentuan. Hal ini dilakukan untuk alasan keamanan. Pin konektor dan kendaraan dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 6. 11 Kode pin pada konektor kendaraan berdasarkan IEC 60309 dan IEC 62196

Nomor	IEC 60309	IEC 62196	Keterangan Fungsi
1	Satu fasa (15 A)	Tiga fasa (63A)	L1
2		Tiga fasa (63A)	L2
3		Tiga fasa (63A)	L3
4	Satu fasa (15 A)	Tiga fasa (63A)	N

Nomor	IEC 60309	IEC 62196	Keterangan Fungsi
5			PE
6			Control Pilot
7			Proximity

Konektor kendaraan dibedakan menjadi dua jenis yaitu konektor *male* dan konektor *female*. Pada IEC 60390 dijelaskan bentuk konektor *male* dan konektor *female* serta perbedaan konektor *slow charging* (satu dasa) dan konektor *fast charging* (tiga fasa).



Gambar 6. 24 Pin pada konektor *male* dan *female* satu fasa [13]



Gambar 6. 25 Pin konektor tiga fasa [13]

6.2 Tingkat Proteksi terhadap benda padat dan cair

Tingkat proteksi steker dan konektor kendaraan dibedakan berdasarkan lokasi pemasangan dan kondisi ketika penggunaan steker dan konektor tersebut. Berikut adalah nilai tingkat proteksi steker dan konektor kendaraan berdasarkan tempat dan kondisi pemasangannya.

Tabel 6. 12 Tingkat IP steker dan konektor kendaraan berdasarkan tempat operasi

Tempat	Kondisi	Tingkat Proteksi
Indoor	<i>Inlet</i> kendaraan terhubung dengan konektor	IP21
	Steker terhubung dengan <i>outlet</i> stopkontak	IP21
	Konektor yang tidak terhubung dengan kendaraan	IP 21

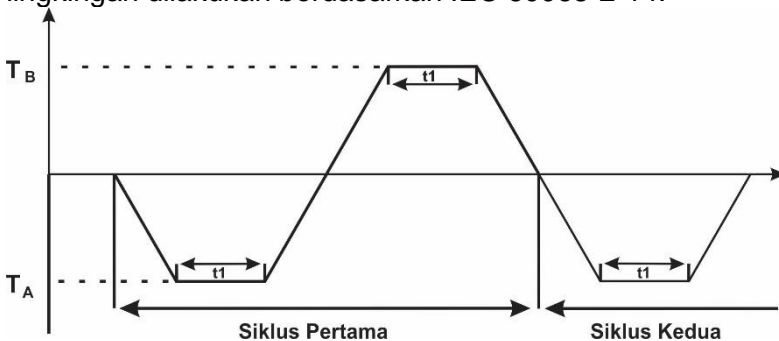
Tempat	Kondisi	Tingkat Proteksi
Outdoor	<i>Inlet</i> kendaraan terhubung dengan konektor	IP44
	Sterker terhubung dengan <i>outlet</i> stopkontak	IP44
	Konektor yang tidak terhubung dengan kendaraan	IP24

Catatan : Pengujian tingkat proteksi sesuai dengan 3.4.3.2 dan 3.4.3.3

7. Uji Kondisi Lingkungan (*Environmental Test*) terhadap Peralatan *Charger*

7.1 Uji Ketahanan terhadap Perubahan Temperatur Lingkungan

Peralatan *charger* didesain untuk bekerja pada temperatur lingkungan antara 0°C sampai dengan 55°C. Sehingga pengujian pada temperatur kerja peralatan *charger* perlu dilakukan. Pengujian terhadap temperatur lingkungan dilakukan berdasarkan IEC 60068-2-14.



Gambar 6. 26 Siklus pengujian terjdap temperatur lingkungan

Pengujian ini dilakukan dimana peralatan *charger* bekerja pada kondisi beban maksimum sesuai dengan rating. Pengujian ini dilakukan dalam 2 siklus dengan waktu pada masing-masing siklus pengujian adalah 2 jam. Pada *thermal chamber* diatur perubahan temperatur sehingga temperatur terendah (T_A) adalah 0°C selama 1 jam dan temperatur tinggi (T_B) adalah 55°C adalah 1 jam. Laju perubahan temperatur maksimum selama siklus pengujian adalah 1°C per menit. Selama pengujian daya dan arus output diukur secara berkala.

Catatan 1 : setelah pengujian arus dan daya *output* sesuai dengan spesifikasi.

Catatan 2 : setelah pengujian dilakukan pengukuran tahanan isolasi.

7.2 Dry Heat Test

Pengujian dilakukan berdasarkan IEC 60068-2-2. Pengujian ini dilakukan dimana peralatan *charger* bekerja pada kondisi beban maksimum dengan temperatur 55°C dan kelembaban lebih kecil dari 50% selama 16 jam. Selama pengujian daya dan arus *output* diukur secara berkala.

Catatan 1: setelah pengujian *dry heat test* arus dan daya *output* sesuai dengan spesifikasi.

Catatan 2 : setelah pengujian dilakukan pengukuran tahanan isolasi.

7.3 Damp Heat Test

Peralatan *charger* didesain untuk bekerja optimal pada kelembaban 5% - 95%. Pengujian *damp heat test* dilakukan berdasarkan IEC 60068-2-30. Pengujian ini dilakukan dimana peralatan *charger* bekerja pada kondisi beban maksimum dengan temperatur 55°C dan kelembaban 95%. Pengujian dilakukan selama 24 jam dalam 6 siklus. Selama pengujian daya dan arus *output* diukur secara berkala.

Catatan 1 : satu menit setelah pengujian *damp heat test* dilakukan pengujian tahanan isolasi.

Catatan 2 : setelah pengujian *damp heat test* arus dan daya *output* sesuai dengan spesifikasi.

7.4 Uji Temperatur Rendah (Cold Test)

Pengujian temperatur rendah atau *cold test* dilakukan berdasarkan IEC 60068-2-1. Pengujian ini dilakukan dimana peralatan *charger* bekerja pada kondisi beban maksimum pada temperatur kerja minimum yaitu 0°C selama 16 jam. Selama pengujian daya dan arus *output* diukur secara berkala.

Catatan 1: setelah pengujian *cold test* arus dan daya *output* sesuai dengan spesifikasi.

Catatan 2: setelah pengujian dilakukan pengukuran tahanan isolasi.

8. Electromagnetic environmental Tests

Peralatan *charger* kendaraan listrik akan dinyatakan aman apabila telah melewati *electromagnetic environmental test*. Beberapa kriteria performa selama pengujian dan setelah pengujian penting untuk disediakan oleh produsen. Berikut beberapa kriteria performa *charger* setelah melewati pengujian EMC [14].

1. Kriteria performa A

Peralatan akan bekerja sebagaimana mestinya tanpa penurunan performa atau kehilangan fungsi di bawah performa yang ditentukan oleh produsen ketika peralatan dioperasikan dengan benar. Dalam beberapa kasus performa dapat digantikan dengan *permissible performance loss* sesuai dengan ketentuan produsen. Apabila produsen tidak menyediakan *permissible performance loss* maka akan dijelaskan dalam deskripsi produk dan dokumentasi.

2. Kriteria performa B
Setelah pengujian peralatan akan bekerja sebagaimana mestinya tanpa penurunan performa atau kehilangan fungsi di bawah performa yang ditentukan oleh produsen ketika peralatan dioperasikan dengan benar. Dalam beberapa kasus performa dapat digantikan dengan *permissible performance loss* sesuai dengan ketentuan produsen. Selama pengujian penurunan performa diperbolehkan. Apabila produsen tidak menyediakan *permissible performance loss* maka akan dijelaskan dalam deskripsi produk dan dokumentasi.
3. Kriteria performa C
Hilangnya fungsi untuk sementara diperbolehkan tetapi fungsi tersebut dapat dikembalikan dengan pengoperasian kontrol pada peralatan.

8.1 Imunitas terhadap Gangguan Frekuensi Rendah

Pengujian ini dilakukan dengan memberikan beban resistif pada bagian *output charger*. Pengujian terhadap gangguan frekuensi rendah dibagi menjadi 2 bagian, yaitu:

1. Harmonisa tegangan suplai
Peralatan charger AC yang terhubung dengan jaringan listrik akan mengalami harmonisa tegangan dari jaringan listrik dengan frekuensi antara 50 Hz – 2 kHz yang terjadi akibat beban nonlinier yang terhubung ke jaringan listrik.
Catatan : kriteria performa A untuk *charging function*.
2. *Voltage dip* dan *voltage interruption* jaringan listrik
Voltage dip dan *voltage interruption* terjadi akibat adanya gangguan pada jaringan listrik. Syarat minimum terjadinya *Voltage dip* dan *voltage interruption* dibagi menjadi tiga, yaitu penurunan

tegangan sebesar 30% dari tegangan nominal selama 10 ms, penurunan tegangan sebesar 50% dari tegangan nominal selama 100ms dan penurunan tegangan lebih besar dari 95% selama 5 s.

Catatan : kriteria performa B untuk *charging function*.

8.2 Imunitas terhadap Gangguan Frekuensi Tinggi

Pengujian ini dilakukan dengan memberikan beban resistif pada bagian *output charger*. Pengujian terhadap gangguan frekuensi rendah dibagi menjadi 2 bagian, yaitu:

1. *Fast transient burst*

Peralatan charger AC yang terhubung dengan jaringan listrik akan menahan gangguan yang disebabkan oleh *switching* beban induktif dan *switching* switchgear tegangan tinggi. Level gangguan diatur dalam IEC 61000-4-4. Nilai minimal menurut IEC 61000-4-4 adalah 2 kV. Pengujian dilakukan terhadap kabel, sinyal I/O dan kabel kontrol dimana untuk sinyal I/O dan kabel kontrol level tegangan dibagi dua.

Catatan : kriteria performa B untuk *charging function*.

2. Tegangan surja

Peralatan charger AC yang terhubung dengan jaringan listrik akan menahan tegangan surja yang disebabkan oleh fenomena *switching* pada jaringan listrik dan sambaran tidak langsung oleh petir. Nilai minimal tegangan surja adalah 2 kV pada mode *common* dan 1 kV pada mode diferensial. Pengujian dilakukan pada kabel dimana peralatan charger terhubung dengan beban resistif .

Catatan : kriteria C untuk *charging function*.

Lampiran 7. Laporan sementara pengecekan dan pengujian peralatan *charger*

1. Pengujian dan Pemeriksaan Kelengkapan Peralatan *Charger*

1.1 Tanda (Marking) *Charger*

Tabel 1. Marking pada *charger*

No.	Item	(X/√)	Keterangan
1	Nama atau merek dagang atau tanda khusus produsen		
2	Nomor indentifikasi		
3	Tanda " <i>indoor use only</i> " atau yang setara jika dimaksudkan untuk penggunaan di dalam ruangan		
4	Tanggal pembuatan		
5	Jenis arus		
6	Frekuensi dan fasa untuk AC charger		
7	Rating tegangan		
8	Rating arus		
9	Tingkat proteksi		

1.2 Kelengkapan *switching* mekanik dan proteksi kegagalan

Tabel 2. Pengecekan kelengkapan peralatan *switching* dan proteksi

No.	Nama peralatan	(X/√)	Keterangan
1	<i>Switch dan disconnect switch</i>		
2	Kontaktor		
3	<i>Circuit breaker</i>		
4	<i>Fuse</i>		
5	Emergency disconnect		

1.3 Pengujian Tingkat IP

Untuk angka pertama tingkat 2 diberi gaya $30\text{N} \pm 10\%$ sedangkan untuk angka pertama tingkat 4 diberi gaya $1\text{N} \pm 10\%$

Tabel 3. Pengecekan proteksi terhadap benda padat

Angka pertama	Alat pengujian	Masuk /tidak masuk
2	Bidang keras tanpa pegangan atau pelindung dengan diameter 12,5 (+0,2) mm	
4	Batang baja keras dengan diameter 1 (+0,05) mm dengan ujung tidak bergerigi	

Tabel 4. Pengecekan proteksi terhadap benda cair

Angka kedua	Alat pengujian	Aliran air	Merembes/tidak merembes
1	Wadah air	1 (+0,5) (mm/menit)	
	<i>Enclosure</i> pada meja putar		
4	Tabung bersilasi	0,07 l/menit $\pm 5\%$ pada setiap lubang	
	Pipa semprot yang menyemprot air $\pm 180^\circ$ dari sisi vertikal	10 l/menit $\pm 5\%$	

2. Pengujian Kabel

2.1 Tanda (*Marking*) Kabel *Charger*

Tabel 5. *Marking* pada kabel

No.	Item	(X/√)	Keterangan
1	Nama atau tanda khusus produsen		
2	Nomor indentifikasi		
3	Rating tegangan		
4	Rating arus		
5	Fasa		
6	Tingkat proteksi		

Tabel 6. Uji *Crush Resistance*

Tegangan	Titik ke	Waktu (menit)	Gaya (N)
	1		
	2		
	3		
	4		
	5		
	6		
	7		
	8		
	9		
		Rata-rata gaya	

Catatan : Setiap kabel harus memenuhi gaya rata-rata minimum sebagai berikut.

1. Kabel dengan diameter konduktor sampai dengan 4 mm² adalah 4 kN.
2. Kabel dengan diameter konduktor diatas 4 mm² adalah 11 kN

2.2 Uji Tegangan pada *completed cable*

Berikut tegangan yang di berikan berdasarkan rating tegangan kerja kabel. Tegangan tinggi diberikan selama 5 menit. berikut adalah hasil pengujian tegangan pada complete cable.

Tabel 7. Pengujian tegangan tinggi pada *complete cable*

Sumber tegangan	Rating tegangan kabel	Tegangan uji	Tegangan <i>breakdown</i>
AC	300/500 V		
	450/750 V		
DC	300/500 V		
	450/750 V		

2.3 Uji Tahanan Isolasi Kabel

Pengujian tahanan isolasi kabel dilakukan dengan menggunakan meger sebagai alat ukur. Pengujian dilakukan dengan memberikan

tegangan terhadap kebel selama 1 menit. Kemudian mencatat hasil yang ditunjukkan megger.

Tabel 8. Pengujian tahanan isolasi

Rating tegangan kabel (V)	Tegangan uji (V)	Nilai minimum (M Ω)	Hasil pengujian (M Ω)
300/500			
450/750			

3. Uji lingkungan terhadap Peralatan *Charger*

3.1 Uji terhadap Temperatur Lingkungan

Berikut adalah tabel keseimbangan arus dan daya *output charger*.

Tabel 9. Pengujian *charger* terhadap perubahan temperatur

Siklus ke-	Jam ke-	Arus (A)		Daya <i>Output</i> (W)	
		<i>Input</i>	<i>Output</i>	<i>Input</i>	<i>Output</i>
0	0				
1	1,5				
	3,5				
2	5,5				
	7,5				

Berikut adalah tabel tahanan isolasi charger setelah pengujian terhadap temperatur lingkungan (setelah pemanasan pada temperatur 55°C).

Tabel 10. Pengukuran tahanan isolasi

Koneksi konduktor	Tegangan (V)	Tahanan isolasi (G Ω)
Konduktor L terhadap enclosure		
Konduktor PE terhadap enclosure		
Konduktor N terhadap enclosure		
Konduktor DC positif terhadap enclosure		
Konduktor DC negatif terhadap enclosure		

3.2 Dry Heat Test

Berikut adalah tabel pengujian karakteristik *output* pada pangujian *dry heat test*. Arus dan daya *output charger* diukur secara berkala.

Tabel 11. Pengukuran *output charger* pada *dry heat test*

Waktu (jam)	Arus (A)		Daya Output (W)	
	Input	Output	Input	Output
2				
4				
6				
8				
10				
12				
14				
16				

Berikut adalah tabel tahanan isolasi *charger* setelah pengujian terhadap temperatur lingkungan (setelah pemanasan pada temperatur 55°C selama 16 jam).

Tabel 12. Pengukuran tahanan isolasi

Koneksi konduktor	Tegangan (V)	Tahanan isolasi (GΩ)
Konduktor L terhadap <i>enclosure</i>		
Konduktor PE terhadap <i>enclosure</i>		
Konduktor N tergadap <i>enclosure</i>		
Konduktor DC positif terhadap <i>enclosure</i>		
Konduktor DC negatif terhadap <i>enclosure</i>		

3.3 Damp Heat Test

Berikut adalah tabel pengujian karakteristik output pada pangujian *damp heat test*.

Tabel 13. Pengukuran *output charger* pada *damp heat test*

Termperatur	Kelembaban	Waktu (jam)	Arus (A)	Daya Output (W)
		0		
		4		
		8		
		12		
		16		
		20		
		24		

Berikut adalah tabel tahanan isolasi *charger* setelah pengujian terhadap temperatur lingkungan (setelah pemanasan pada temperatur 55°C dengan kelembaban 95% selama 24 jam).

Tabel 14. Pengukuran tahanan isolasi

Koneksi konduktor	Tegangan (V)	Tahanan isolasi (GΩ)
Konduktor L terhadap <i>enclosure</i>		
Konduktor PE terhadap <i>enclosure</i>		
Konduktor N terhadap <i>enclosure</i>		
Konduktor DC positif terhadap <i>enclosure</i>		
Konduktor DC negatif terhadap <i>enclosure</i>		

3.4 Cold Test

Berikut adalah tabel pengujian karakteristik *output* pada pangujian *cold test*.

Tabel 15. Pengukuran *output charger* pada pengujian temperatur rendah

Waktu (jam)	Arus (A)		Daya Output (W)	
	<i>Input</i>	<i>Output</i>	<i>Input</i>	<i>Output</i>
0	4,5			
4	4,5			
8	4,5			
12	4,5			
16	4,5			

Berikut adalah tabel tahanan isolasi *charger* setelah pengujian terhadap temperatur lingkungan (setelah pendinginan pada temperatur 0°C selama 16 jam).

Tabel 16. Pengukuran tahanan isolasi

Koneksi konduktor	Tegangan (V)	Tahanan isolasi (GΩ)
Konduktor L terhadap <i>enclosure</i>		
Konduktor PE terhadap <i>enclosure</i>		
Konduktor N terhadap <i>enclosure</i>		
Konduktor DC positif terhadap <i>enclosure</i>		
Konduktor DC negatif terhadap <i>enclosure</i>		

Lampiran 8. Nomenklatur

No.	Penamaan standar	Nama Indonesia
1	CTI (<i>comparative tracking index</i>)	Karakteristik <i>breakdown</i> material isolasi
2	<i>Enclosure</i>	Bagian penutup <i>charger</i>
3	<i>EV supply equipment</i>	Peralatan penyuplai daya untuk kendaraan listrik
4	<i>Inlet</i>	Bagian kendaraan yang terhubung ke konktor
5	MOLINA	Pusat riset mobil listrik nasional
6	IP (<i>ingress protection</i>)	Tingkat proteksi
7	RESS	Baterai
8	<i>Voltage dip</i>	Penurunan tegangan

Halaman ini sengaja dikosongkan

RIWAYAT PENULIS



Penulis bernama Harry Dio Sirait, lahir di Lobutua, 14 Oktober 1996. Penulis merupakan anak kedua dari lima bersaudara. Penulis telah menyelesaikan pendidikan di SD Negeri 173317 Lintongnihuta, SMP Negeri 1 Lintongnihuta dan SMA Negeri 2 Balige Asrama Yayasan Soposurung dengan pendidikan semi militer. Saat ini penulis telah menempuh kuliah di Departemen teknik Elektro bidang Teknik Sistem Tenaga. Selama kuliah penulis aktif dalam berbagai kegiatan nonakademik seperti olahraga dan organisasi. Penulis pernah menjadi Kepala Departemen Internal Mahasiswa Bona Pasogit dan menjadi staf di Divisi Pengembangan Kompetensi Persekutuan Mahasiswa Kristen. Dalam bidang olahraga penulis pernah menjuarai turnamen futsal ALS (Antar Lintas Sumatera) Cup. Penulis juga pernah menjadi pengisi acara di beberapa acara sebagai penari tradisional.

Email : harry14@mhs.ee.its.ac.id